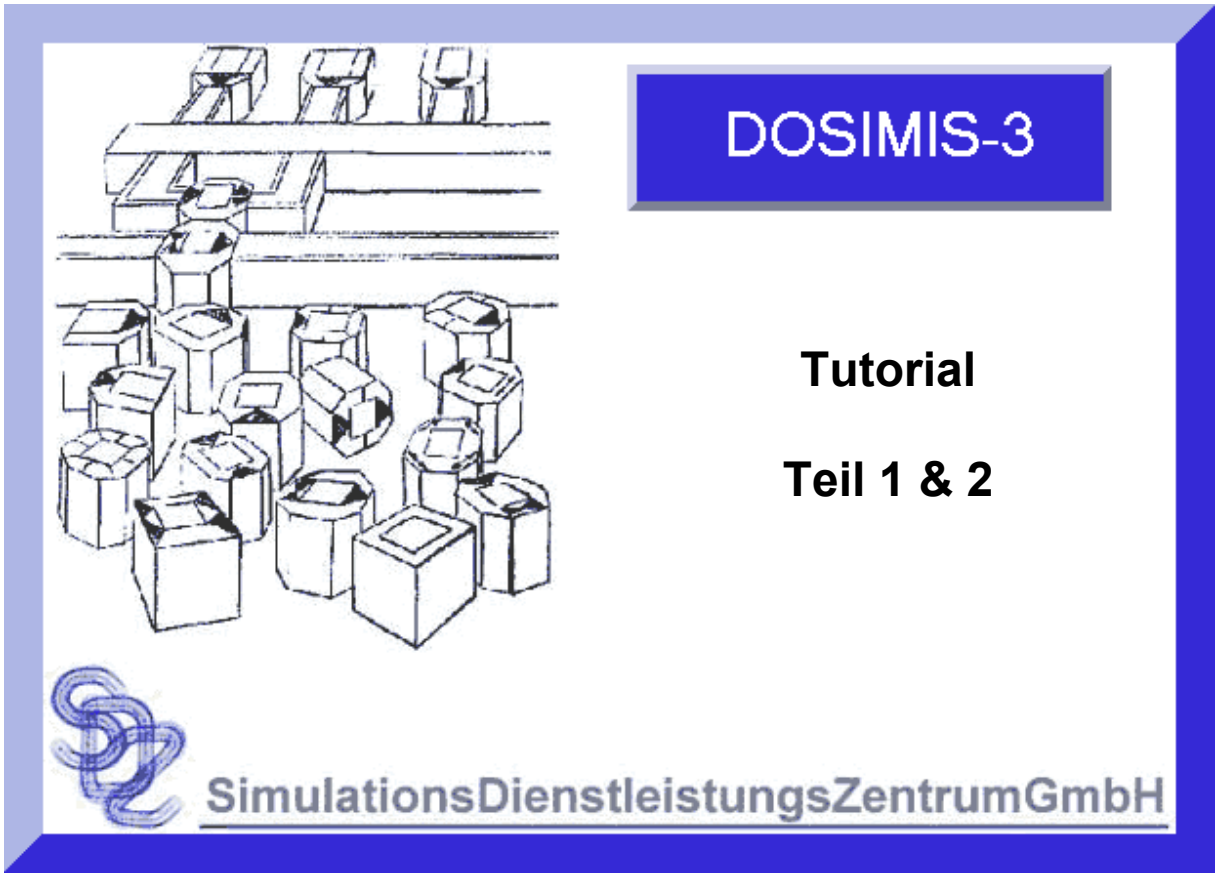
DOSIMIS-3 für MS-WINDOWS



Version 4.0
März 2004

Simulations**D**ienstleistungs**Z**entrum GmbH
Hauert 20
44227 Dortmund
Tel.: (02 31) 97 50 50 - 0
Fax: (02 31) 97 50 50 - 50

Dieses Handbuch ist Bestandteil des Programms
DOSIMIS-3 für MS-Windows
Die Namen DOSIMIS-3 und MS-Windows sind geschützt.

© 1994-2004 SDZ GmbH
SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH
Hauert 20
44227 Dortmund
Tel.: (02 31) 97 50 50 - 0
Fax: (02 31) 97 50 50 – 50
URL: www.sdz.de
e-mail: Dosimis-3.support@sdz.de

All rights reserved. No part of this script shall be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted by any means, electronic, mechanical or otherwise, without written permission from SDZ GmbH.

0 Inhaltsverzeichnis

0 Inhaltsverzeichnis ... 1

1 Einführung Tutorial (Teil 1) ... 4

1.1 Aufbau des Tutorials ... 4

1.2 Installationshinweise ... 5

2 Aufgabenstellung ... 6

2.1 Modellierungsphilosophie ... 6

2.2 Praxisanwendungen ... 6
2.2.1 Modell ... 6
2.2.2 Fragestellungen ... 8

2.3 Datenbasis ... 8
2.3.1 Quelle ... 8
2.3.2 Staustrecke ... 8
2.3.3 Verteilwagen ... 9
2.3.4 Arbeitsstation ... 9
2.3.5 Zusammenführungselement ... 9
2.3.6 Verteilelement ... 9
2.3.7 Senke ... 9

3 Modellierung eines Produktionssystems ... 10

3.1 Einstieg ... 10

3.2 Eingabe der Daten mit Hilfe von Parametermasken ... 15
3.2.1 Parameter der Quelle ... 15
3.2.2 Parameter der Staustrecken ... 17
3.2.3 Parameter des Verteilwagen ... 19
3.2.4 Parameter der Arbeitsstation ... 21
3.2.5 Parameter des Zusammenführungselements ... 24
3.2.6 Parameter des Verteilelements ... 26
3.2.7 Daten der Senke ... 28
3.2.8 Verbindung der Bausteine ... 28

3.3 Starten eines Simulationslaufs ... 30

3.4 Ergebnisdienste ... 30

3.5 Probleme ... 33

4 Experimente mit dem Praxisbeispiel ... 35

4.1 Ausgangssituation ... 35

4.2 Optimierungsschritte ... 36
4.2.1 Schritt 1 - Deadlock (Verklemmung) ... 36
4.2.2 Schritt 2 - Vorsortierung ... 37
4.2.3 Schritt 3 - Entkopplung (Vergrößerung der Puffer) ... 42
4.2.4 Schritt 4 - Schnellerer Verteilwagen ... 45
4.2.5 Schritt 5 - Bevorzugte Entsorgung ... 47
4.2.6 Schritt 6 - Puffer vor der Senke ... 48
4.2.7 Schritt 7 - Rüstzeitoptimierung ... 53
4.2.8 Schritt 8 - Entschärfung der Senke ... 56

4.2.9 Schritt 9 - Pufferverkleinerung von der Senke ... 59
4.2.10 Schritt 10 - Pufferverkleinerung vor den Arbeitsstationen ... 60
4.2.11 Schritt 11 - Fabriktuning ... 60
4.3 Ergebnisse der Simulationsstudie ... 62

5 Grafische Kommentare ... 63

5.1 Einfügen von Grafikelementen ... 63
5.2 Ändern der Größe eines Grafikelementes ... 63
5.3 Hinzufügen eines Quadrats ... 63

6 Kurzfassung Daten der Studie ... 66

6.1 Parameter des Modells ... 66
6.2 Zusammenfassung der Simulationsläufe ... 70

7 Einführung Tutorial (Teil 2) ... 71

7.1 Aufbau des Tutorials ... 71
7.2 Icons ... 71

8 Störungen und Pausen ... 72

8.1 Aufgabenstellung ... 72
8.2 Theorie ... 72
8.3 Einbindung von Störungen in das Modell ... 73
8.4 Parametrierung der Störung ... 75
8.5 Analyse der Störungen ... 77
8.6 Statistikdatei ... 80
8.7 Aufgabe ... 83
8.8 Schichtmodelle ... 84
8.9 Filtern von Störungen und Pausen aus der Statistik ... 87
8.10 Störungen abschalten ... 89
8.10.1 Einzeln abschalten ... 89
8.10.2 Global abschalten ... 90

9 Arbeitsbereiche ... 91

9.1 Theorie ... 91
9.2 Aufgabenstellung ... 91
9.3 Parametrierung des Arbeitsbereichs ... 93
9.3.1 Bearbeitungsstationen ... 93
9.3.2 Arbeitsbereiche ... 94
9.4 Analyse der Arbeitsbereiche ... 97
9.5 Statistik ... 100
9.6 Mehrere Werker pro Tätigkeit ... 103
9.7 Unterbrechen von Arbeiten ... 106
9.8 Abschalten von Arbeitsbereichen ... 108

10 Index 110

1 Einführung Tutorial (Teil 1)

1.1 Aufbau des Tutorials

Die Anwendung der Simulationstechnik für logistische Fragestellungen erfordert leistungsfähige Simulationssysteme, die leicht bedienbar sind. DOSIMIS-3 wird beiden Anforderungen gerecht und deshalb vielfach in der Industrie eingesetzt - die Simulation hält nun auch Einzug in die Lehre.

Die Lehrversion von DOSIMIS-3 enthält einen reduzierten Leistungsumfang sowohl im Hinblick auf die Größe der abzubildenden Modelle als auch bei der Bereitstellung von Schnittstellen und Modulen für die Abbildung komplexer Steuerungslogistik. Informationen über den Gesamtleistungsumfang können auf Wunsch geliefert werden.

DOSIMIS-3 läuft unter Windows 95/98/Me/XP und Windows NT4/2000. Für die Version wird nur die Mindestkonfiguration des eingesetzten Betriebssystem vorausgesetzt. (Pentium 150 mit 32MB (95/98/Me) bzw. 64MB (NT4/2000) Hauptspeicher, oder XP: Pentium 300 und 128MB). Es sollte ein freier Plattenplatz von ca. 50 MB zur Verfügung stehen, um die im Rahmen der Lehre aufzubauenden Modelle ohne Komplikationen zu untersuchen. Für die Grafik wird eine Auflösung von mindestens 800 x 600 Punkten erwartet.

Mit diesem Tutorial soll ein Nutzer in die Lage versetzt werden, die vorgesehenen Modelle selbständig aufzubauen und die entsprechenden Parameter- und Modellvariationen vornehmen zu können. Darüber hinaus dient dieses Tutorial auch als Leitfaden zur Gestaltung eines Seminaranschnitts im Kurs Simulation, einschließlich des Durchlaufs eines Experimentzyklusses im Kapitel 4 anhand eines vorgegebenen Modells.

Das Kapitel 2 gibt einen kurzen Überblick über die Modellierungsphilosophie, Kapitel 3 beschreibt die einzelnen Schritte vom Start des Simulators bis zum ersten Ergebnis. Darüber hinaus wird ein Praxisbeispiel kurz beschrieben.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

1.2 Installationshinweise

Die Installation von DOSIMIS-3-Windows ist sehr einfach.

Installation von CD:
Normalerweise startet sich die Installation bei eingelegter CD automatisch. Falls es wider Erwarten zu Problemen kommt, führen Sie die Installation von Hand durch, indem Sie das Programm **Setup.exe** aus dem Explorer heraus starten. Dieses befindet sich im Wurzelverzeichnis der CD.

Installation von Diskette:
Legen Sie die erste Diskette in das Diskettenlaufwerk ein und starten Sie **Setup.exe**.

Installation vom Netz:
Laden Sie die Dosimis-3 aus den Internet (www.sdz.de) und sichern Sie die Datei auf Ihrer Festplatte. Führen Sie diese dann aus (z.B. Doppelklick im Explorer). Die Installation von DOSIMIS-3 wird dann gestartet.

Installation aus einer e-mail (ein Teil):
Sichern Sie die Datei aus dem Anhang auf Ihrer Festplatte. Führen Sie diese dann aus (z.B. Doppelklick im Explorer). Die Installation von DOSIMIS-3 wird dann gestartet.

Installation aus einer e-mail (mehrere Teile):
Sichern Sie die Dateien aus dem Anhang in ein Verzeichnis auf Ihrer Festplatte. Führen Sie dann das Programm **Setup.exe** aus.

Rufen Sie DOSIMIS-3 nach der Installation einmal auf. Damit ist die Installation abgeschlossen.

Bei Installationen unter Windows NT / Windows 2000 / Windows XP müssen Sie **Administrator - Rechte** besitzen, damit die notwendigen Einträge in den Systemdateien vorgenommen werden können. Sonst steht Ihnen unter Umständen nach der Installation nur eine Demo - Version zur Verfügung. Benutzer dürfen auch keine Eintragungen in das allgemeine Start - Menü vornehmen, so dass dort kein Start - Icon für DOSIMIS-3 eingetragen werden kann.

Nach dem Start des Setup erscheinen weitere Abfragen, in denen im Normalfall lediglich Grundeinstellungen bestätigt werden müssen, damit die Installation ausgeführt werden kann. Bei der ersten Installation wird empfohlen, eine Voll - Installation vorzunehmen. Starten Sie DOSIMIS-3 danach einmal mit Administrator - Rechten. Damit ist die Installation abgeschlossen.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

2 Aufgabenstellung

2.1 Modellierungsphilosophie

Logistische Systeme können verhältnismäßig einfach mit einem Simulationssystem analysiert werden, wenn das Instrument die geeigneten Beschreibungsmechanismen anbietet. Dies sind in DOSIMIS-3 die

- ***Bausteine*** und
- ***Objekte***.

Die zugrundeliegende objektorientierte Modellierungsphilosophie geht bei der Abbildung von Puffern und Förderbändern, Arbeitsplätzen, Weichen von ***Bausteinen*** aus, die das Verhalten dieser Elemente mit ausreichender Genauigkeit nachbilden. Ein Baustein hat in DOSIMIS-3 eine bausteintypische Ablauflogik, entsprechende Parameterdatensätze und vorab festgelegte Standardstatistiken.

Die ***Objekte*** beschreiben die beweglichen Dinge wie Werkstücke oder Paletten (ggf. auch Informationen). Sie werden durch Nummern gekennzeichnet, die jeweils einen Typ bezeichnen. Der Modellaufbau wird in mehreren Schritten durchgeführt:

- Einsatz der Bausteine auf dem Bildschirm
- Eingeben der Bausteinparameter (Daten)
- Verbinden der Bausteine
- Festlegen der Simulationsparameter
- Durchführen der Simulation
- Betrachten der Ergebnisse entweder durch Animation oder Ergebnisstatistiken

Die Beschreibung der Objekte erfolgt in den Parametermasken der Bausteine. In der Quelle wird angegeben, welche Objekte im System laufen. In den restlichen Bausteinen wird beschrieben, was mit den Objekten passiert. Auf diese Weise wird eine sehr kompakte und übersichtliche Dateneingabe ermöglicht.

2.2 Praxisanwendungen

Das folgende Beispiel entstand im Rahmen eines Projektes und enthält alle Merkmale einer Simulationsstudie. Ausgangspunkt ist ein geplantes Layout, in dem Annahmen getroffen worden sind, die mit Hilfe der Simulationstechnik überprüft werden sollen.

2.2.1 Modell

In einer Fertigung in der Elektroindustrie werden Konsumgüter hergestellt. In einem Teilbereich findet eine Kontrolle statt - kleinere Reparaturen können ebenfalls durchgeführt werden. Der Materialfluss ist in Bild 2.1 dargestellt. Aus einem vorgelagerten Produktionsbereich kommen im Abstand von einer Minute zwei unterschiedliche Produktgruppen (in zufälliger Reihenfolge) an. Beide werden über einen Wareneingangspuffer und einen Verteilwagen zwei Arbeitsplätzen zugeführt. Allerdings ist eine strenge Zuordnung der Produkte zu den einzelnen Arbeitsplätzen vorgesehen, da eine

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

volle Flexibilität wegen des hohen Investitionsbedarfs nicht wirtschaftlich sinnvoll betrieben werden kann.

Aufgrund der technologisch schwer zu beherrschenden Prozesse ergibt sich ein relativ hoher Nacharbeitsanteil. Die zu reparierenden Teile werden den Arbeitsplätzen erneut zugeführt. Dabei entstehen allerdings nicht unerhebliche Rüstzeiten.

Skizze des Produktionssystems

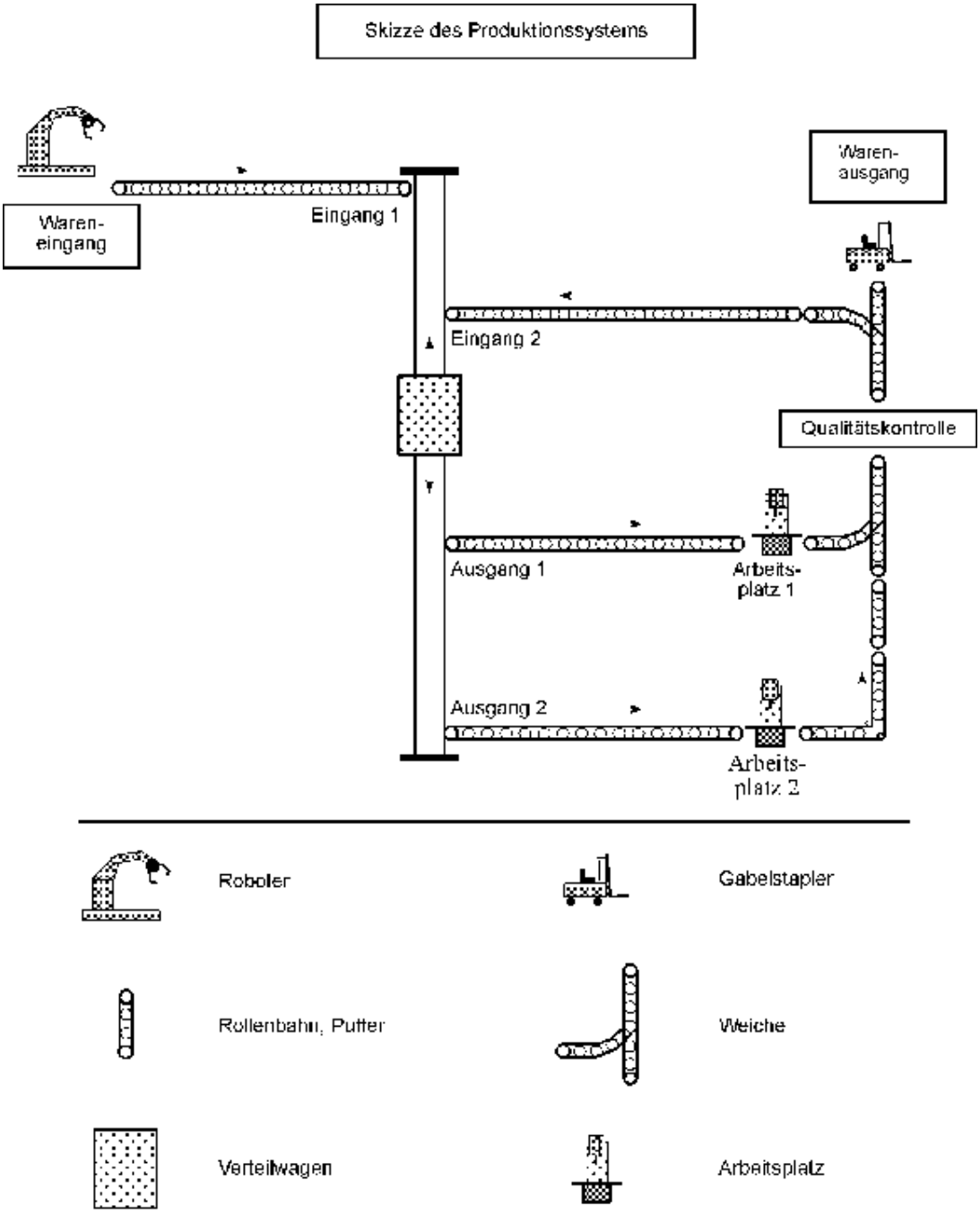


Bild 2.1.: Beispiel einer Praxisanwendung

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

2.2.2 Fragestellungen

Es stellen sich insbesondere folgende Fragen:

- Kann der gewünschte Durchsatz von 60 Stück pro Stunde (im Mittel) durchgesetzt werden?
- Wo sind Schwachstellen im System?
- Wie hoch sind die Arbeitsplätze ausgelastet?
- Wie viel Reserve hat der Verteilwagen?
- Hat die Arbeitsweise der nachgelagerten Produktion Auswirkungen auf die Auslastung der Arbeitsplätze?

Die Fragen sollen unter der Annahme untersucht werden, dass Störungen der Fördertechnik keine entscheidende Rolle spielen. Die eingesetzten Werker sollen grundsätzlich verfügbar sein. Eventuell wird der Einsatz einer Springerorganisation notwendig sein.

2.3 Datenbasis

Eine Datenerhebung hat ergeben, dass man sich im wesentlichen auf die Betrachtung von zwei Produktgruppen beschränken kann. Das Layout ist in engen Grenzen gestaltbar. Ein gewisser Spielraum für zusätzliche Pufferflächen ist vorhanden. Allerdings kann auf den Verteilwagen nicht verzichtet werden, da der Wareneingang und die Arbeitsplätze in zwei Hallen untergebracht sind.

Folgende Daten wurden zusammengetragen:

2.3.1 Quelle

Die Quelle (QUE) ist die Schnittstelle, über die Produkte in den zu betrachtenden Produktionsabschnitt gelangen. Es kommen in zufälliger Reihenfolge Produkte vom Typ 1 und 2 an. Beide Produkte sind gleich häufig. Im Durchschnitt kommen alle 60 sec Produkte an (normalverteilt mit einer Streuung von 5 sec).

2.3.2 Staustrecke

Die Staustrecke (SST) ist ein Transport- und Pufferelement. Alle Staustrecken haben eine Geschwindigkeit von 0.2 m/sec. Die Länge der Werkstückträger beträgt 1 m.

Die Kapazitäten der Puffer sind unterschiedlich:

- nach der Quelle 10 Stück,
- vor den Arbeitsplätzen 2 Stück,
- nach Arbeitsplatz 2 steht ein Eckumsetzer und ein Puffer mit Kapazität 4,
- im Rückführstrang (für die Nacharbeit) 3 Stück.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

2.3.3 Verteilwagen

Der Verteilwagen (VTW) ist ein Förderelement, das sich entlang einer Schiene bewegt, und von verschiedenen Aufgabestellen mittels eines Wagens Paletten zu verschiedenen Entladestellen befördert. Der Beladeweg für die Werkstückträger beträgt 1.1 m, der Entladeweg 0.1 m - die Be- und Entladegeschwindigkeit beträgt 0.2 m/sec.
Folgende Geschwindigkeiten sind angegeben:

- Maximalgeschwindigkeit 1 m/sec
- mittlere Positioniergeschwindigkeit 0.1 m/sec

Folgende lokale Steuerungen werden vorgesehen:

- Priorität für die Quelle
- Produktzuordnung zu den Ausgängen

2.3.4 Arbeitsstation

Mit der Arbeitsstation (AST) können sowohl manuelle als auch automatisierte Arbeitsplätze (wie z.B. Roboter) abgebildet werden. Die Länge der Arbeitsstationen beträgt 1 m. Die Fördergeschwindigkeit zum Einfahren der Paletten liegt bei 0.2 m/sec.
Folgende Zeitanteile werden angegeben:

- Bearbeitungszeit normalverteilt 80 sec (Standardabweichung 5 sec)
- Rüstzeit insgesamt 120 sec (bei jeder Nacharbeit)

Die Nacharbeitsquote beträgt 15 %.

2.3.5 Zusammenführungselement

Das Zusammenführungselement (ZEL) dient zur Abbildung von Weichen, die Materialflussströme vereinigen. Die Länge des Zusammenführungselementes beträgt 1 m, die Fördergeschwindigkeit 0.2 m/sec.
Als Vorfahrtsstrategie wird FIFO (first in first out) vorgeschlagen.

2.3.6 Verteilelement

Das Verteilelement (VEL) dient zur Abbildung von Weichen, die Materialflussströme in verschiedene Richtungen aufteilen. Es enthält die gleichen Fördertechnikdaten wie die Zusammenführungsweiche. Die Verteilstrategie ergibt sich aus dem Ziel des Produktes (Senke oder Nacharbeit).

2.3.7 Senke

Die Senke (SEN) ist eine Schnittstelle zur Umgebung, in der Produkte das System verlassen, und an weitere Produktionsbereiche abgegeben werden. Die Senke hat eine exponentialverteilte mittlere Annahmezeit von 55 sec.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

3 Modellierung eines Produktionssystems

3.1 Einstieg

Nach der korrekten Installation von Dosimis-3 finden Sie das Start - Icon von Dosimis-3 im Startmenü des Desktops. Wählen Sie *Start/Programme/Dosimis-3* aus, um Dosimis-3 zu starten. Die Implementierung des Simulators hält sich so weit wie möglich an die Konventionen, die bei der Gestaltung von Windows zugrundegelegt wurden - deshalb enthält dieses Tutorial lediglich einzelne ergänzende Anmerkungen zur Handhabung von Windows.

Die erste Aktion wird durch das Anklicken von *Datei* auf der Hauptmenüleiste ausgelöst. Es soll unter *Neu* eine neue Datei angelegt werden. Dazu wird zunächst eine entsprechende Bezeichnung generiert (hier DOSIMIS-3-1). Bitte vergessen, Sie nicht, Ihre Arbeit zwischendurch zu speichern.

Die optimale Fenstergröße wird durch das Anklicken des Pfeils (nach oben) in der rechten oberen Ecke eingestellt. Dies gilt für das Fenster *DOSIMIS-3-1 Simulationsstudie* als auch für das Modellfenster *DOSIMIS-3-1*.

Sollten mal *Schmutzflecken* oder unvollständige Bilder auf dem Bildschirm erscheinen, wird über die Taste F5 die Arbeitsfläche neu gezeichnet.

Im nächsten Schritt wird auf der Hauptmenüleiste der Punkt *Ansicht* angeklickt und der Unterpunkt *Bausteinpalette* ausgewählt. Daraufhin erscheint ein Fenster mit Pfeilen und Symbolen. Die Pfeile stellen die Materialflußrichtung dar, die Symbole sind Repräsentanten der Bausteine. Der Benutzer hat nun zwei Fenster, in denen agiert werden muß: das *Palettenfenster* (klein) und die *Arbeitsfläche* mit dem Namen DOSIMIS-3-1 (groß).

Für das Positionieren der Quelle (QUE) wird im Palettenfenster zunächst die Materialflußrichtung ➔ gewählt und anschließend das Symbol der Quelle angeklickt. (Die Erläuterung der Symbole erfolgt am linken unteren Fensterrand - unterhalb der Symbole ein Kürzel angegeben). Danach wird über den Cursor der ausgewählte Baustein auf die Arbeitsfläche positioniert und durch den Klick mit der linken Maustaste *fallengelassen*. Die Quelle wird jetzt grün dargestellt. Im Hintergrund ist ein Fanggitter installiert, so dass die Maus nur in definierten Sprüngen Bausteine absetzen kann. Sollte die Aktion misslungen sein, bitte wiederholen. Falls zufällig doch der falsche Baustein oder die falsche Orientierung gewählt wurde, muß zunächst die Eingabe gelöscht werden. Dazu wird der Baustein angeklickt (rot) und der Menüpunkt *Bearbeiten* angewählt. Es erscheint ein Fenster - dort muß der Menüpunkt *löschen* angeklickt werden.

Achtung: Die Bildfläche ist gerastert. D.h. also, dass die Bausteine nur in festgelegten Abständen abgelegt werden können.

Der nächste anzuwählende Baustein im Palettenfenster ist die Staustrecke (SST). Die Staustrecke wird ähnlich positioniert wie die Quelle - aber durch die Eingabemöglichkeit von verschiedenen Formen müssen zunächst noch weitere Stützpunkte (etwa zwei Rasterpunkte weiter rechts) gesetzt werden - mit der linken Maustaste, falls noch weitere Stützpunkte folgen sollen, mit der rechten Maustaste, wenn das Positionieren abgeschlossen werden soll.

Nun wird der Verteilwagen (VTW) aus dem Palettenfenster ausgewählt und neben der Staustrecke positioniert. Auch hier muß mit der linken Maustaste ein weiterer Stützpunkt

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

(nach unten etwa 5 Rasterpunkte tiefer) gesetzt werden - dieser ist gleichzeitig auch der Abschluss der Symboleingabe. Auf der Arbeitsfläche sieht man nun folgende Bausteine (Bild 3.1):

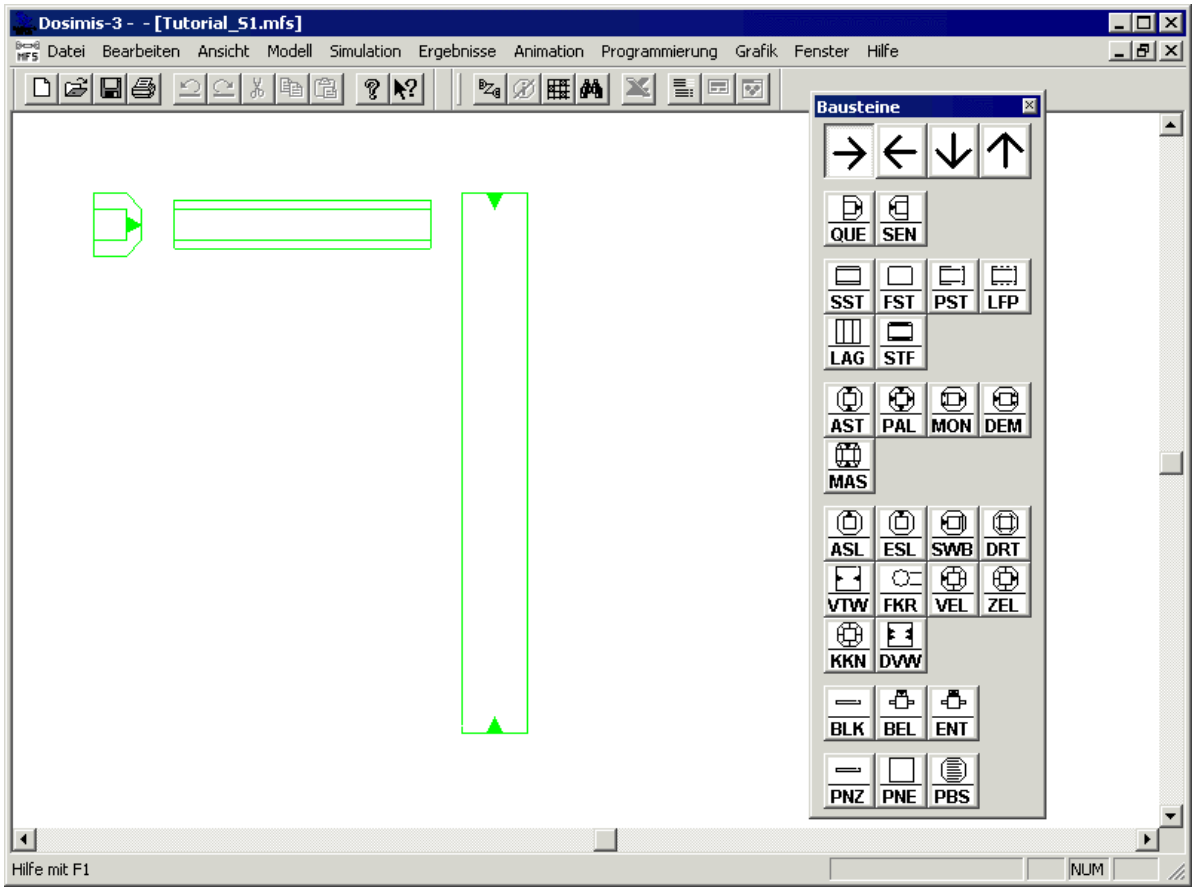


Bild 3.1: Positionierung der ersten Bausteine

In gleicher Weise werden weitere Bausteine positioniert:

- eine Staustrecke (SST) rechts neben dem Verteilwagen - etwa in der Mitte (ein Raster breit),
- eine Arbeitsstation (AST) rechts neben der Staustrecke,
- eine weitere Staustrecke rechts neben dem Verteilwagen oder direkt unterhalb der zuvor eingegebenen Staustrecke,
- eine Arbeitsstation neben dieser Staustrecke (unterhalb der ersten Arbeitsstation),
- rechts neben der unteren Arbeitsstation eine Staustrecke (als Eckumsetzer), die mit zwei Stützpunkten versehen ist, so dass das Ende nach oben zeigt. Hierzu ist, nachdem der Startpunkt gesetzt wurde, ein zweiter Stützpunkt links von Snap - Punkt zu setzten. Anschließend ist die Maus ein wenig nach oben zu ziehen, so dass die Ausrichtung des Bausteins auch nach oben zeigt. Hier ist dann mit der rechten Maustaste der Endpunkt zu setzen. Es ergibt sich schließlich das Bild 3.2:

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

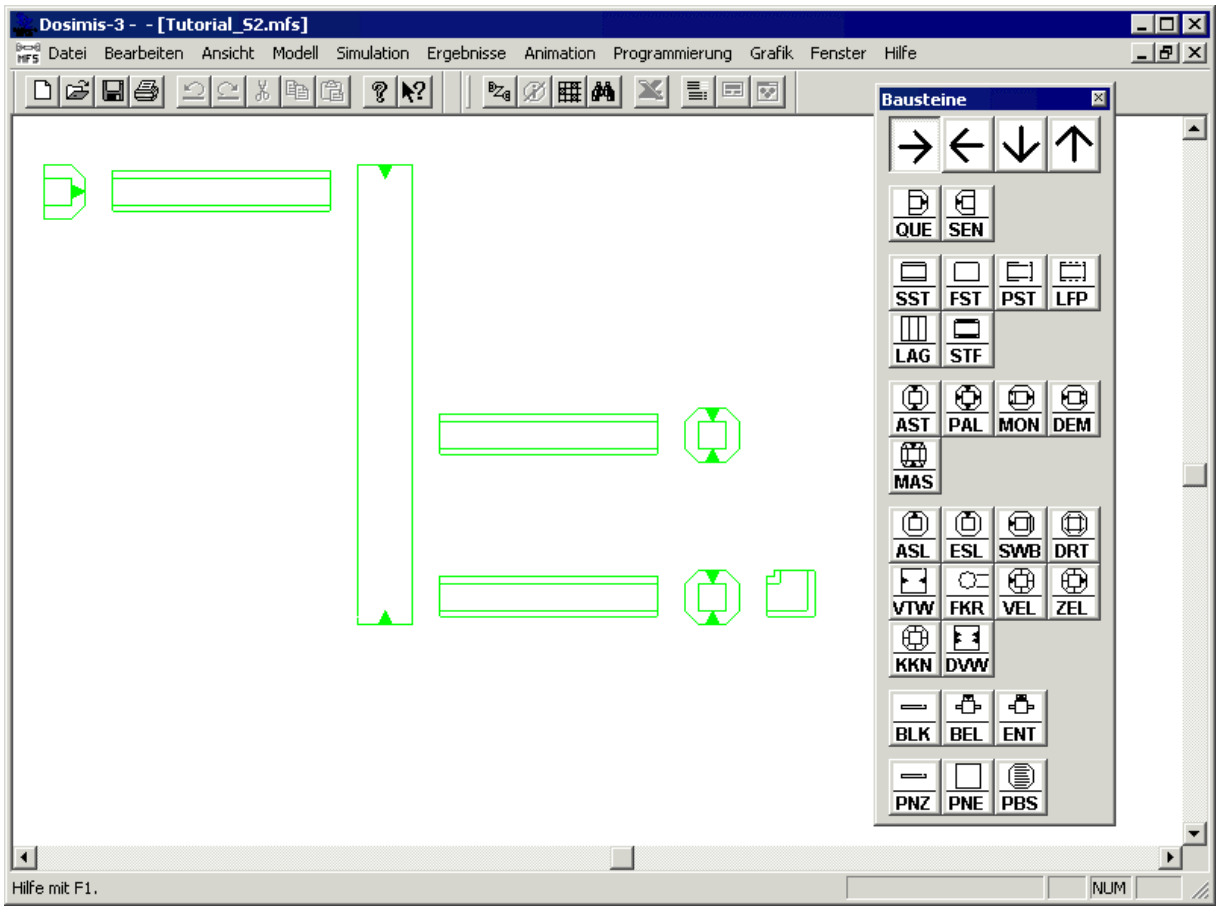


Bild 3.2: Positionierung weiterer Bausteine

Unter dem Punkt *Ansicht* auf der Hauptmenüleiste befindet sich der Unterpunkt *Zoom*. Wenn mit der linken Maustaste dieser Unterpunkt angewählt wird, springt ein weiteres Fenster auf - dort muß der Menüpunkt *Modell* angewählt werden. Nach dieser Aktion ist das Modell optimal an die bestehende Fenstergröße angepasst und so groß wie möglich gezeichnet.

Für die Eingabe weiterer Bausteine muß nun im Palettenfenster die Pfeilrichtung nach oben ↑ angeklickt werden.

Anschließend werden in direkter Folge im Anschluss an die zuletzt eingegebene Staustrecke (den Eckumsetzer) folgende Bausteine angeklickt:

- Staustrecke (SST) (ein Rasterelement groß)
- Zusammenführungselement (ZEL)
- Verteilelement (VEL)
- Senke (SEN)

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Danach sieht die Arbeitsfläche folgendermaßen aus (Bild 3.3)

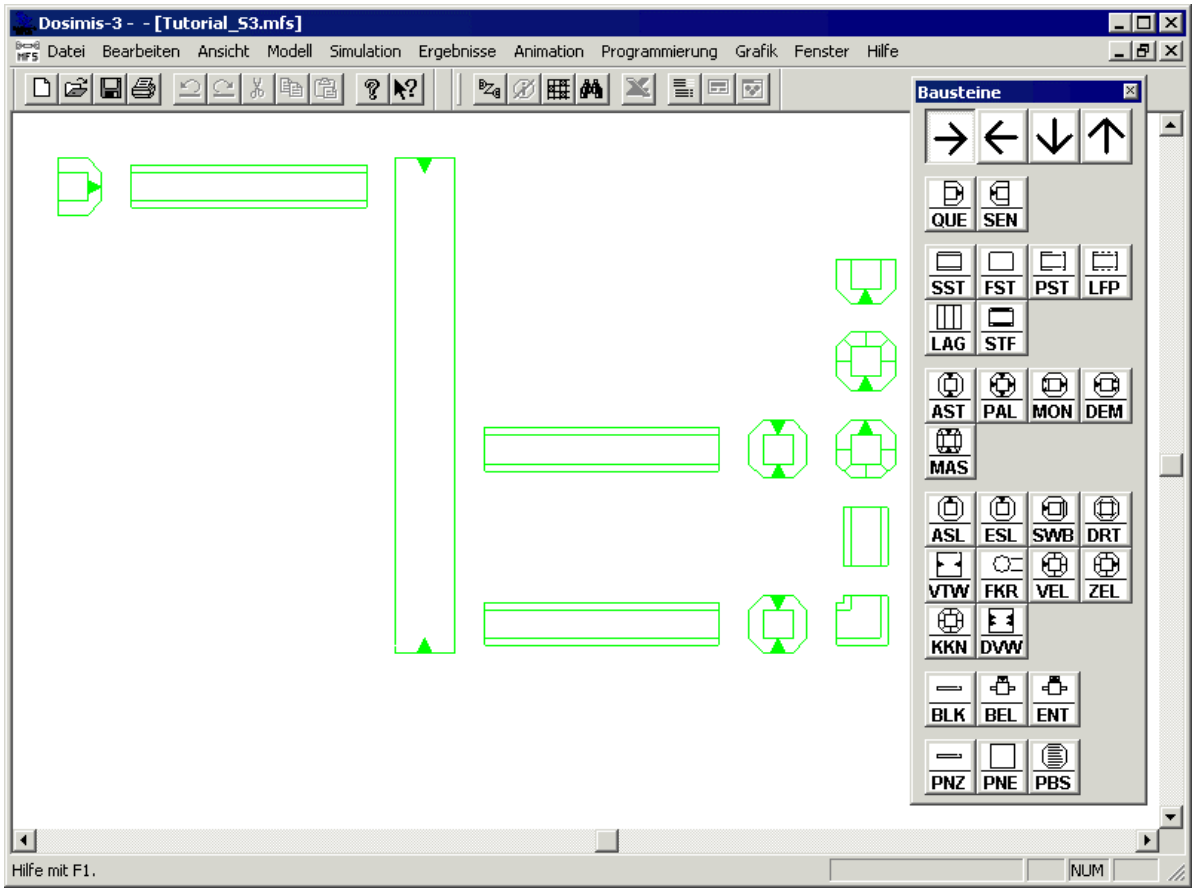


Bild 3.3: Positionierung der Bausteine mit Materialflußrichtung nach oben

Für den letzten zu positionierenden Baustein (den Rückführstrang) muß der Pfeil für die Materialflußrichtung nach links ← gelegt werden. Danach wird eine Staustrecke (SST) ausgewählt und genau zwischen Verteilelement und Verteilwagen durch Angabe eines entsprechenden Stützpunktes eingepasst. Das Schlussbild (Bild 3.4) zeigt folgende Bausteinverteilung, wobei alle Bausteine grün gezeichnet sind:

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

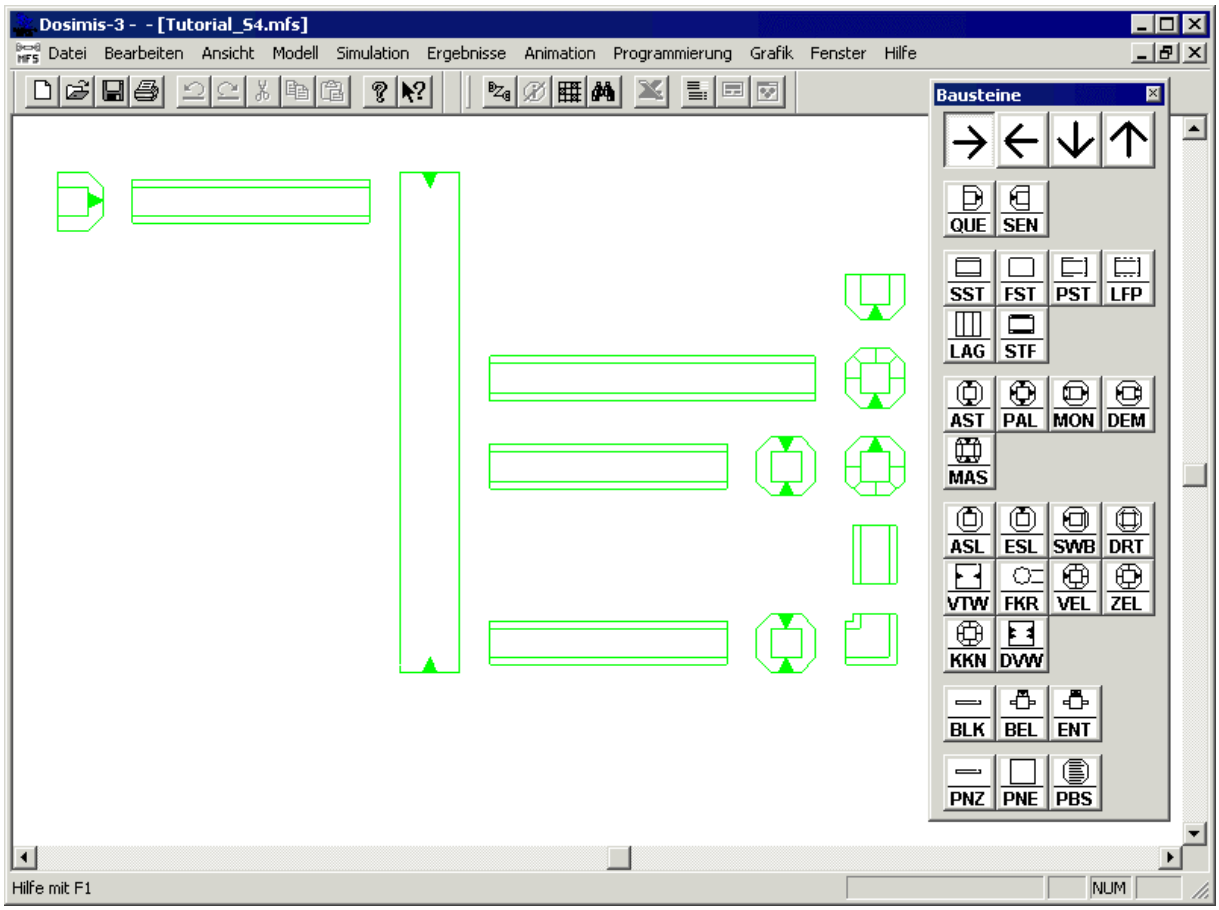


Bild 3.4: Layout mit allen Bausteinen

Spätestens jetzt sollte zwischengespeichert werden. Dazu bitte den Menüpunkt „Datei“ auf der Hauptmenüleiste anklicken und „Speichern“ anwählen. Es erscheint ein Fenster, in dem der Name eingetragen werden kann (voreingestellt ist DOSIMIS-3). Im Beispiel wird der Name Tutorial_S5.MFS vergeben. Die Eingabe wird mit „OK“ quittiert.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

3.2 Eingabe der Daten mit Hilfe von Parametermasken

3.2.1 Parameter der Quelle

In den nächsten Schritten werden die Daten für die Bausteine eingegeben. Durch einen Doppelklick auf die Quelle erscheint folgendes Fenster:

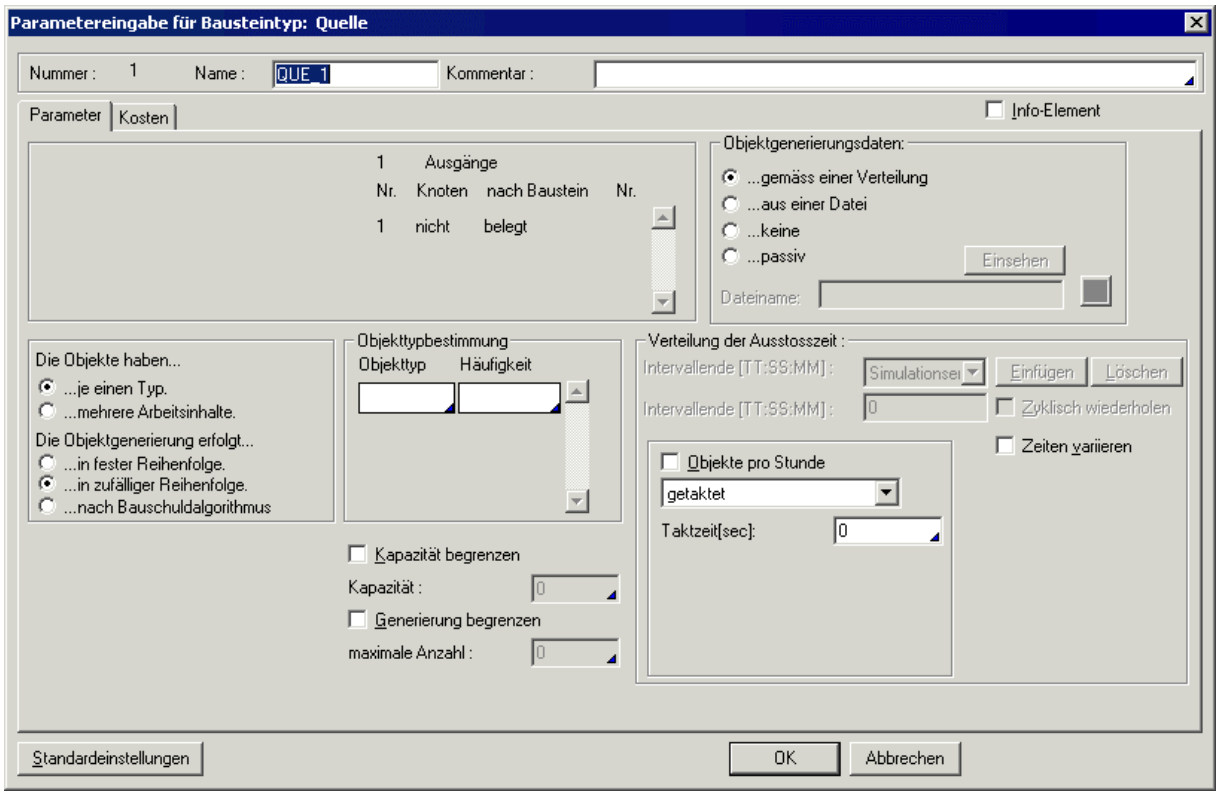


Bild 3.5: Parametermaske der Quelle

Eingaben müssen in der Regel an allen markierten Punkten (Kreisen, weißen Feldern) erfolgen - mit der Tabulatortaste kann zwischen den Eingabefeldern gesprungen werden (*Shift-Tab* für Rückwärtssprünge). Mit der linken Maustaste werden die Eingabefelder ausgewählt.

Die Bausteinnummer wird automatisch vergeben, der Kommentar kann übersprungen werden.

a) Objektgenerierung

Die Objektgenerierung erfolgt in zufälliger Reihenfolge - im Mittel wird sich eine vorgegebene Verteilung einstellen, aber erst nach einem hinreichend großen Stichprobenumfang.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

b) Objekttyp und Häufigkeit

Die relative Häufigkeit, mit der die Objekte (bzw. Produktklassen) erscheinen, wird nach folgender Tabelle eingegeben:

Objekttyp	Häufigkeit
1	50
2	50

D.h. also, dass beide Typen mit 50%-iger Wahrscheinlichkeit eintreffen.

c) Verteilung der Ausstoßzeit

Durch einen Klick auf das leere Fenster wird ein Auswahlmenü verschiedener Zufallsverteilungen eingeblendet. Als Ankunftsreihe wird eine normalverteilte Zufallsgröße mit dem Mittelwert (Erwartungswert) 60 sec und der Standardabweichung (Abweichung) 5 sec angegeben. Am Schluss sieht die Parametermaske folgendermaßen aus:

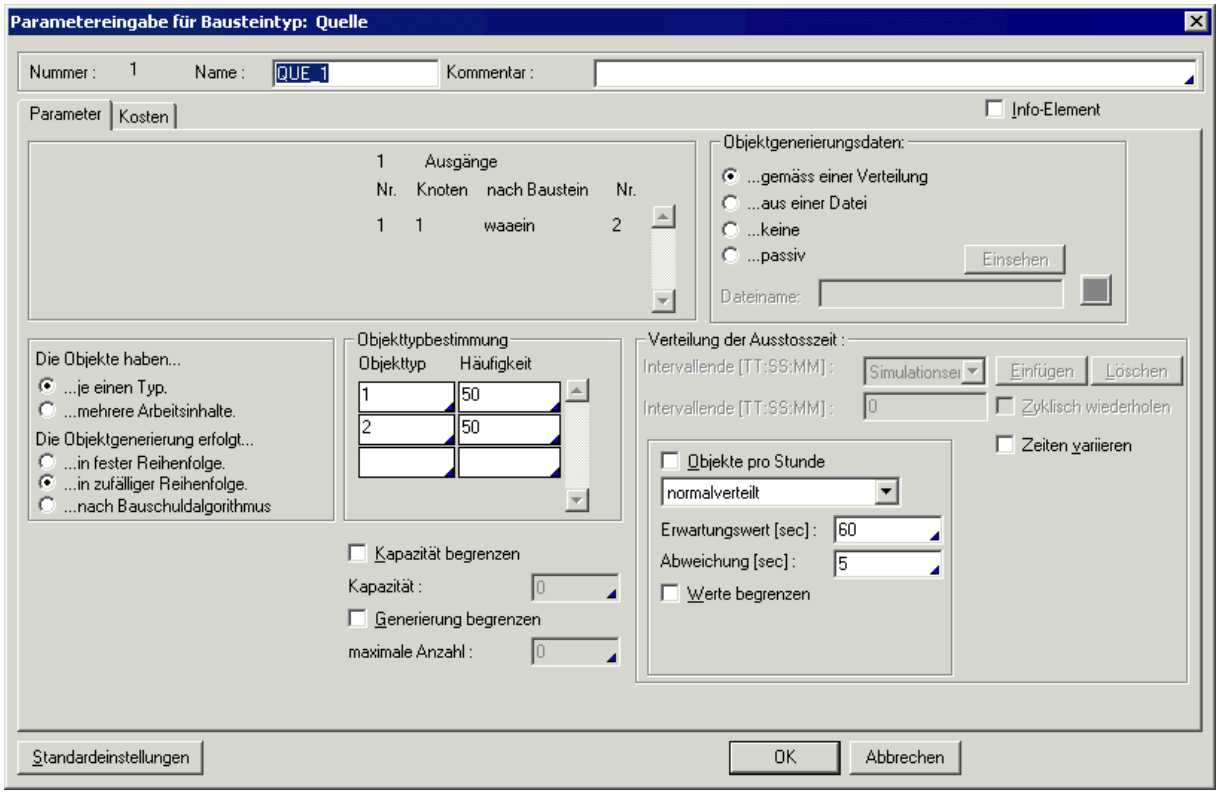


Bild 3.6: Vollständig ausgefüllte Parametermaske der Quelle

Die Parametermasken werden grundsätzlich durch die Taste „Return“ oder einen Klick auf „OK“ verlassen.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

3.2.2 Parameter der Staustrecken

Die Parametrierung der Staustrecke erfolgt in ähnlicher Weise. Durch einen Doppelklick auf den Baustein erscheint die Parametermaske. Im Modell sind sechs Staustrecken enthalten.

Die Parameter sind teilweise unterschiedlich. Für alle interessanten Staustrecken werden spezielle Bausteinnamen eingegeben. Sie dienen in diesem Tutorial lediglich zum besseren Verständnis und zur direkten Interpretation der Ergebnisse. In der Praxis reichen die vorgegebenen eindeutigen Bausteinnamen aus.

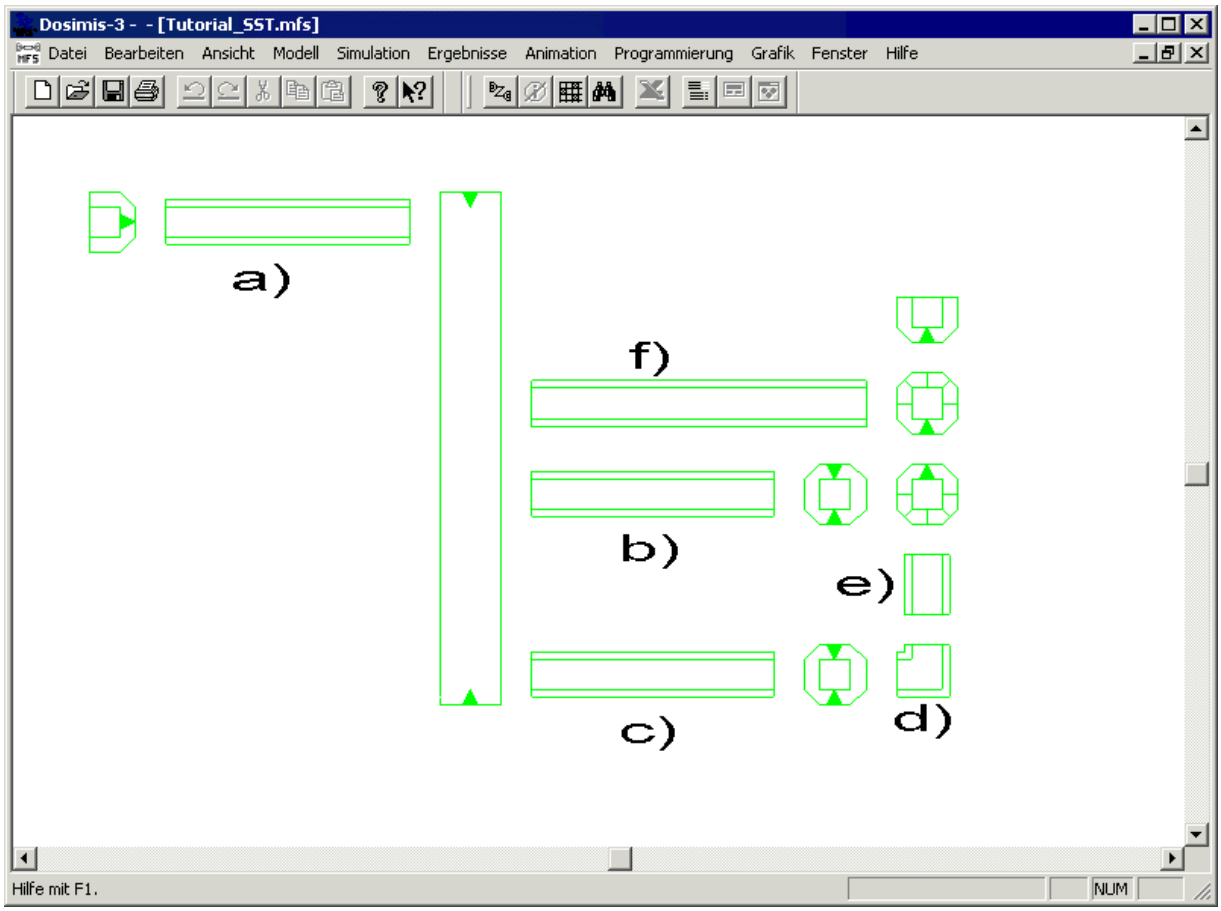


Bild 3.7: Parametereingaben für die Staustrecken

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Zu a): Puffer im Wareneingang

Im Prinzip interessieren bei diesem Modell nur die ersten vier Zeilen, die die Daten für die Fördertechnik angeben. Die erste Zeile enthält generierte Bezeichnungen. In den nächsten Zeilen werden folgende Datenfelder dargestellt:

Bausteinname:	*waein* (Voreinstellung SST_2)
Segmentlänge (Länge eines Werkstücks oder einer Palette):	1 m
Fördergeschwindigkeit:	0.2 m/sec
Anzahl der Segmente (Kapazität, Werkstücke oder Paletten):	10 Plätze

Es ergibt sich folgendes Bild:

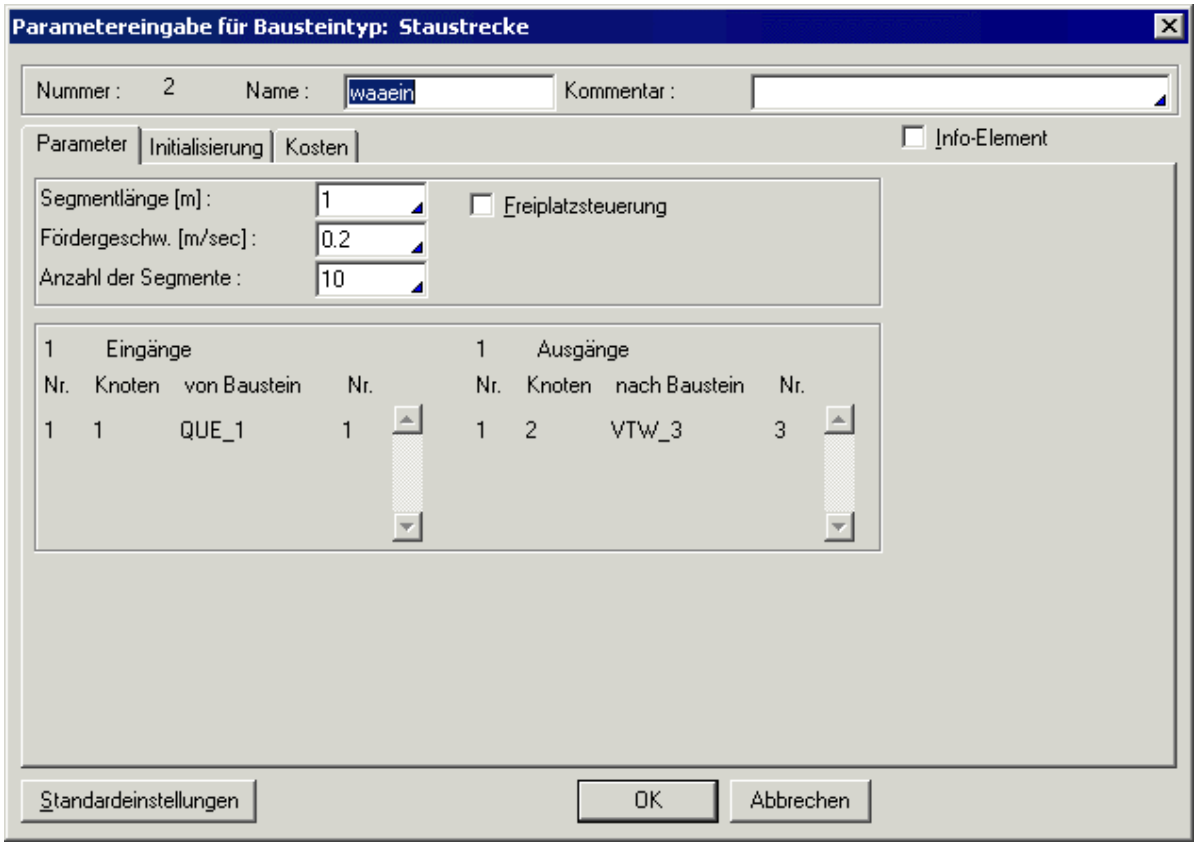


Bild 3.8: Parametermaske der Staustrecke nach der Quelle

Zu b) und c): Puffer vor den Arbeitsplätzen

Es werden die gleichen Daten wie bei a) eingegeben (bis auf die Kapazität). Die Kapazität (Anzahl der Segmente) der Staustrecken beträgt 2 Plätze.
Bausteinname: *sstoben* und *sstunten*

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Zu d): In diesem Fall handelt es sich um einen Eckumsetzer

Alle Daten wie unter a). Kapazität 1 Platz. Allerdings muß die Freiplatzsteuerungsstrategie angewählt werden. Eine Palette darf nur dann einfahren, wenn die Vorgängerpalette vollständig ausgefahren ist - dieser Baustein stellt einen Eckumsetzer dar.

Zu e) und f): Verbindungspuffer und Rückführungsstrang

Alle Daten wie unter a). Kapazität 4 Plätze bei Staustrecke e) und 3 Plätze bei Staustrecke f). Bitte daran denken, das Modell zwischendurch zu speichern.

3.2.3 Parameter des Verteilwagen

Eingeben der Daten für den Verteilwagen:
Für den Verteilwagen müssen folgende Datensätze, die jeweils in einem schwarz umrandeten Kasten enthalten sind, eingegeben werden. Von oben nach unten umfasst der Verteilwagen:

- Fördertechnikdaten
- Eingangs- und Ausgangsbelegung
- Vermassung (rechts neben den Vorfahrtsstrategien)

Zu den Fördertechnikdaten:

- Beladeweg für eine Palette 1.1 m (10 cm länger als Palettenlänge)
- Beladegeschwindigkeit für eine Palette 0.2 m/sec
- Entladeweg pro Palette 0.1 m
- Entladegeschwindigkeit pro Palette 0.2 m/sec

- Langsamfahrweg des Wagens 0.5 m (Bremsweg, Beschleunigungsweg)
- Geschwindigkeit schnell 1 m/sec (Maximalgeschwindigkeit des Wagens)
- Geschwindigkeit langsam 0.1 m/sec (mittlere Positioniergeschwindigkeit des Wagens).

Alle anderen Datenfelder werden unverändert übernommen.

Vermassung:

Es ergibt sich folgende Tabelle:

Eingang	Pos. [m]	Höhe	Ausgang	Pos. [m]	Höhe
1	0.0	0.0	1	20.0	0.0
2	15.0	0.0	2	25.0	0.0

Die Vermassung ergibt sich aus dem Anlegen eines Koordinatensystems an den Verteilwagen. Der Ursprung liegt beim Wareneingang (Eingang 1), das Ende beim Ausgang zum unteren Puffer (Ausgang 2).

Die Höhe dient der Abbildung von Hubbewegungen und wird hier nicht benötigt.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Insgesamt sieht die vollständig ausgefüllte Parametermaske des Verteilwagens folgendermaßen aus:

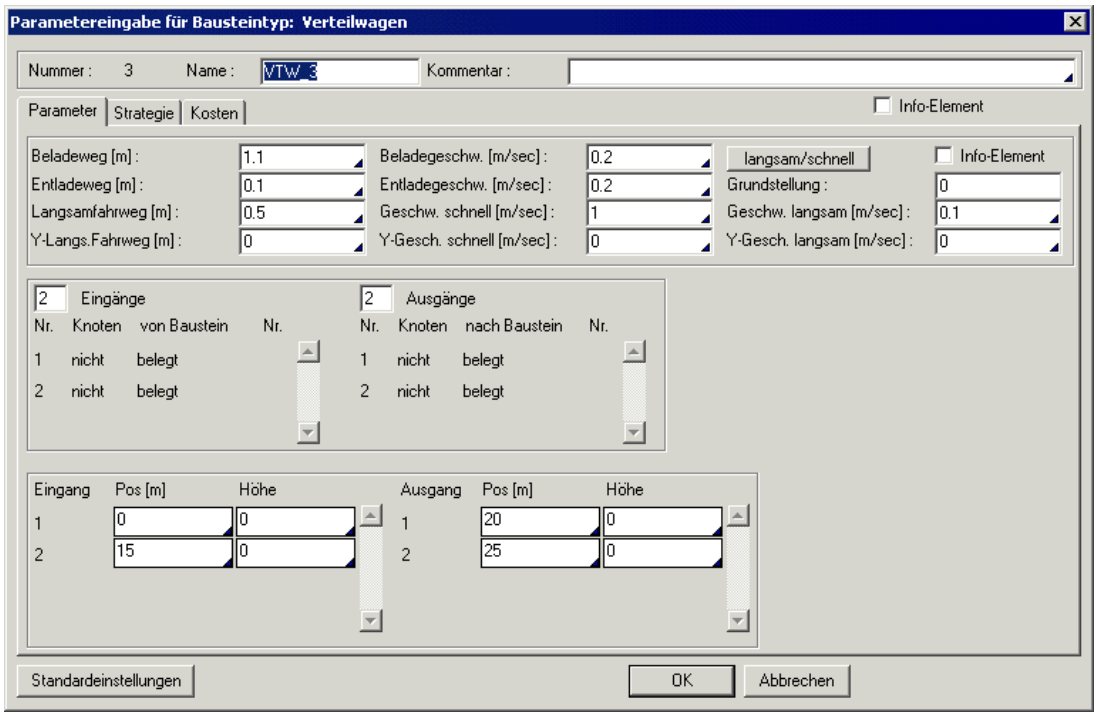


Bild 3.9: Parametermaske des Verteilwagens

Zu der Eingangs- und Ausgangsbelegung:

Eingänge: 2 (Wareneingang und Rückführung)
Ausgänge: 2 (zu den beiden Arbeitsplätzen)

Vorfahrtsstrategie:

Mit der Vorfahrtstrategie wird festgelegt, welche Palette als nächste transportiert wird. Klick auf das Eingabefenster liefert ein Auswahlmenü.

Priorität der Eingänge:

Eingang	**Priorität**
1	1
2	2

Die Zuordnung der Eingangsnummern erfolgt später beim Verbinden der Bausteine. Dabei wird folgende Zuordnung vorgenommen:

Eingang 1: Wareneingangspuffer
Eingang 2: Rückführstrang

Die Priorität 1 entspricht der höchsten Priorität, 2 dementsprechend einer niedrigen Priorität.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Verteilstrategie:

Die Verteilstrategie legt fest, zu welchem Ausgang eine Palette bewegt wird. Klicken auf das Eingabefenster führt zum Auswahlmenü.

Zielgerichtet

Ausgang	Objekttyp
1	1 10
(nächster	Ausgang)
2	2 20

Der Objekttyp entspricht dem Produkttyp. Der Produkttyp 10 bezeichnet die Nacharbeit für Produkt 1, 20 die Nacharbeit für Produkt 2.

Insgesamt sieht die vollständig ausgefüllte Strategiemaske des Verteilwagens folgendermaßen aus:

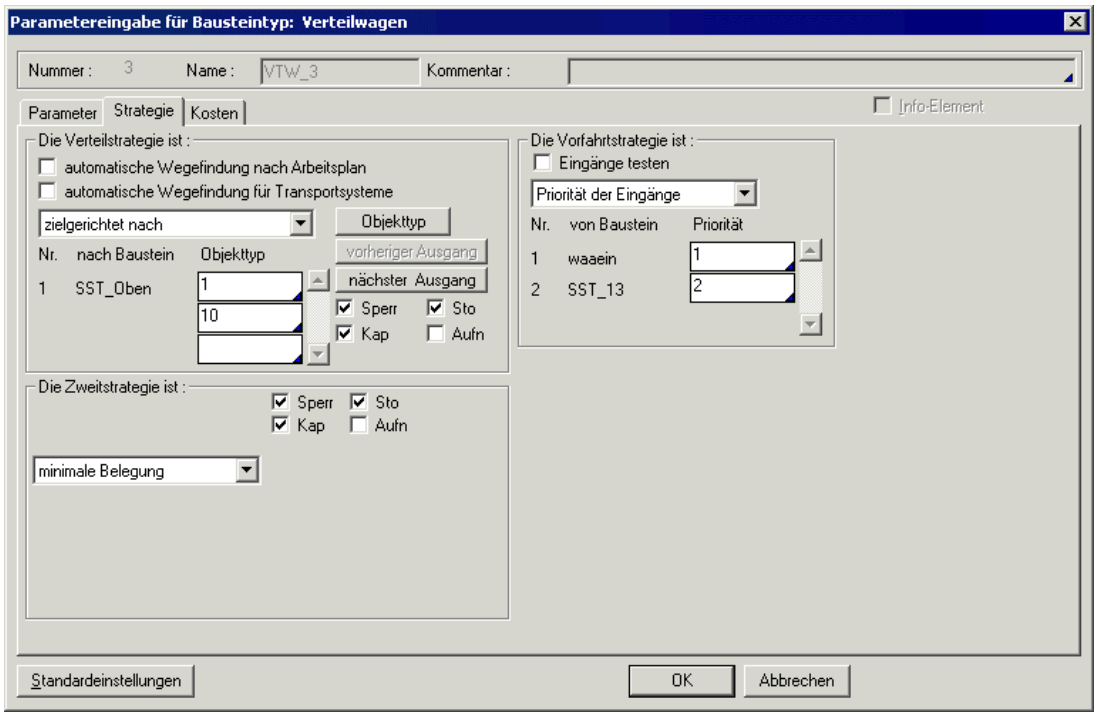


Bild 3.9a: Strategiemaske des Verteilwagens

3.2.4 Parameter der Arbeitsstation

Bei der Parametrierung der Arbeitsstationen (AST) sind folgende Daten einzutragen:

- Fördertechnikdaten
- Eingangs- und Ausgangsbelegung (keine Eingaben!)
- Arbeitszeitverteilung
- Objektkennzeichnung
- Rüstmatrix

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Die angezeigten Transport Parameter spielen bei dieser Modellierung keine Rolle, da sie nur bei der Abbildung von Transportsystemen benötigt werden. Als Bausteinnamen werden im Tutorial verwendet: „oben“ für die obere Arbeitsstation und „unten“ für die untere.

Zu den Fördertechnikdaten:

Die Länge der Arbeitsstation bezeichnet die Einfahrlänge einer Palette.

Länge: 1 m
Fördergeschwindigkeit: 0.2 m/sec

Zu der Arbeitszeitverteilung:

Klicken auf das Eingabefenster liefert ein Auswahlmenü. Alle Zeiteingaben erfolgen in Sekunden.
normalverteilt

Objekte	Erwartungswert	Abweichung
1	80	5
10	80	5
2	80	5
20	80	5

Zur Objektkennzeichnung:

Klicken des Eingabefensters „Eingangsobjekt“ liefert alle vorhandenen (bekannten) Objekttypen: 1, 10, 2, 20. Hier wird der Nacharbeitsanteil eingegeben - jeder einzelne Typ muß angewählt werden.
Es ergeben sich also vier Tabellen:

Eingangsobjekt 1		**Eingangsobjekt 10**	
neues Objekt	Wahrsch.	neues Objekt	Wahrsch.
1	85	1	85
10	15	10	15

Eingangsobjekt 2		**Eingangsobjekt 20**	
neues Objekt	Wahrsch.	neues Objekt	Wahrsch.
2	85	2	85
20	15	20	15

Zur Rüstzeitmatrix:

Es müssen folgende Einträge vorgenommen werden:

von Objekt	nach Objekt	Rüstzeit
1	10	60
10	1	60
2	20	60
20	2	60

Für beide Arbeitsstationen werden die gleichen Daten eingetragen. Der Verteilwagen übernimmt die Steuerung (Kontrolle), welche Produkte wohin gebracht werden - in den

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Arbeitsstationen sind dann jeweils die erforderlichen Daten vorhanden. Für die Arbeitsstation sieht die Parametermaske anschließend folgendermaßen aus:

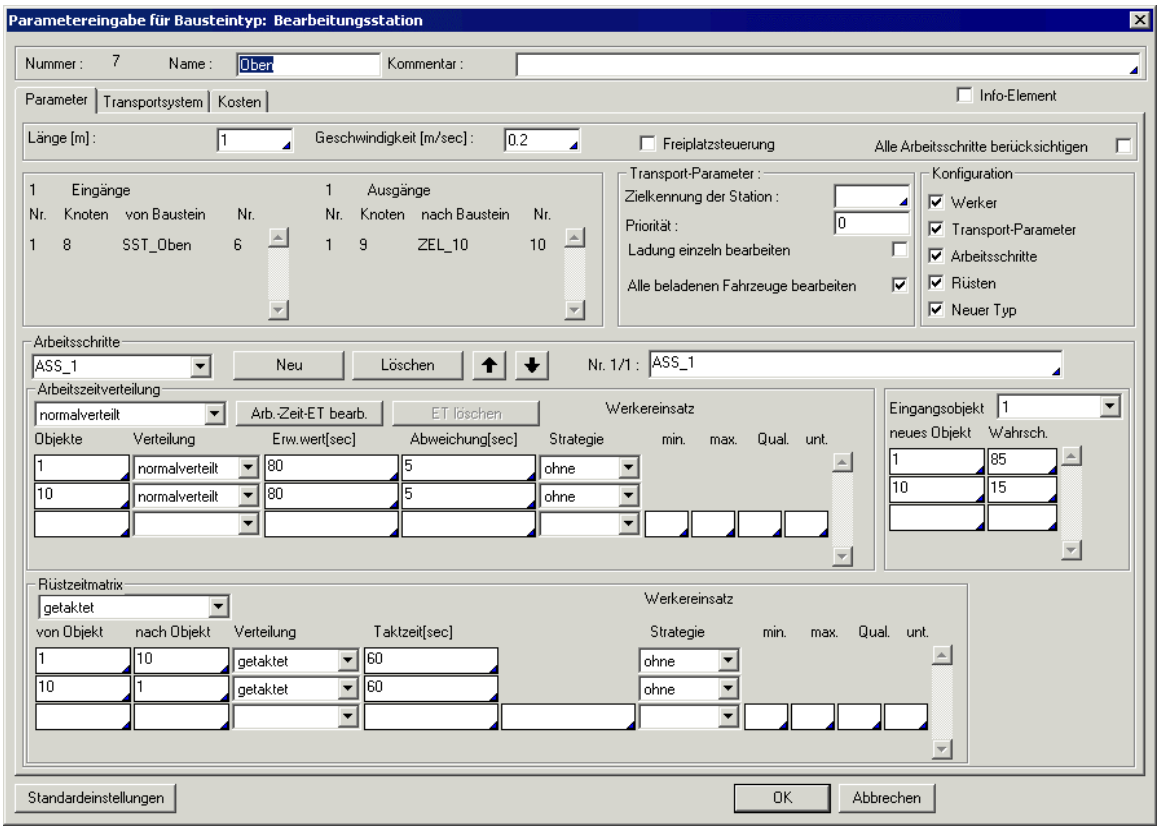


Bild 3.10: Parametermaske der Arbeitsstation

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

3.2.5 Parameter des Zusammenführungselements

Die Eingabe der restlichen noch verbleibenden Bausteine ist nicht mehr umfangreich. Zusammengefasst ergeben sich folgende Datensätze:

Zusammenführungselement:

- *Fördertechnikdaten*
  Förderweg: 1 m
  Geschwindigkeit: 0.2m/sec
- *Eingangs- u. Ausgangsbelegung*
  Eingänge: 2
- *Vorfahrtsstrategie*
  FIFO

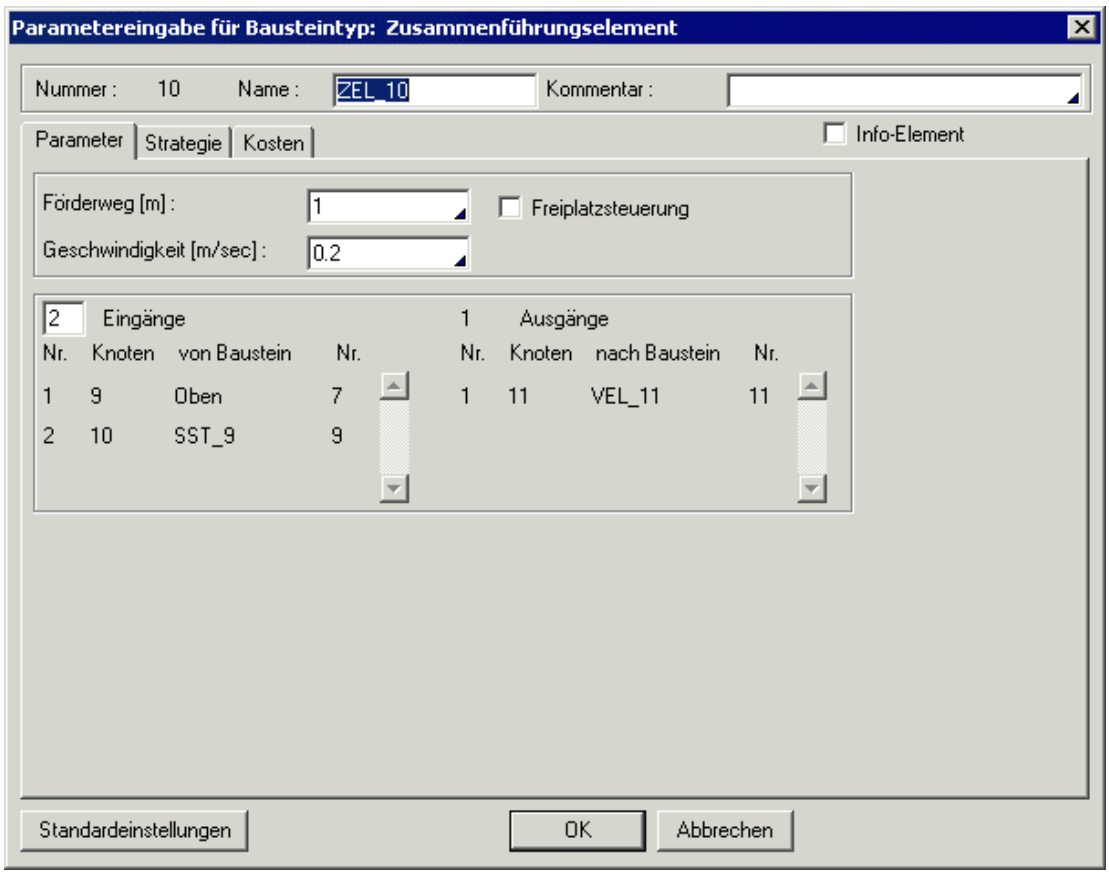


Bild 3.11: Parametermaske des Zusammenführungselements

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

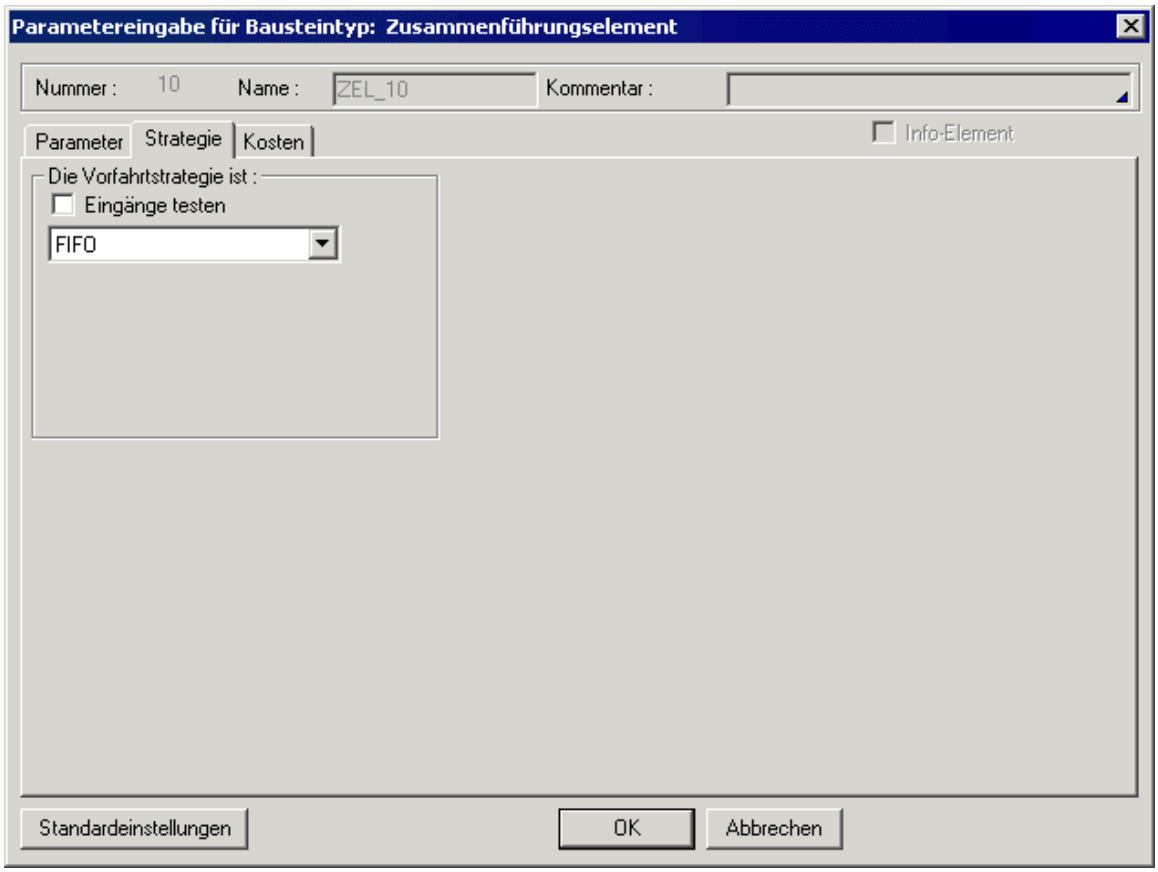


Bild 3.11: Strategiemaske des Zusammenführungselements

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

3.2.6 Parameter des Verteilelements

Verteilelement:

- *Fördertechnikdaten*
  Förderweg: 1m
  Geschwindigkeit: 0.2m/sec.
- *Eingangs- und Ausgangsbelegung*
  Ausgänge: 2
- *Verteilstrategie*
  zielgerichtet (Auswahlmenü)

Ausgang	**Objekttyp**
1	1
	2
(nächster Ausgang)	
2	10
	20

Bei der zielgerichteten Verteilstrategie werden einzelnen Objekttypen explizit Ausgänge zugeordnet. Eine Zweitstrategie muß dann ausgewählt werden, wenn ein Objekttyp über zwei Ausgänge (die dann nicht mehr eindeutig sind) weitergegeben wird.

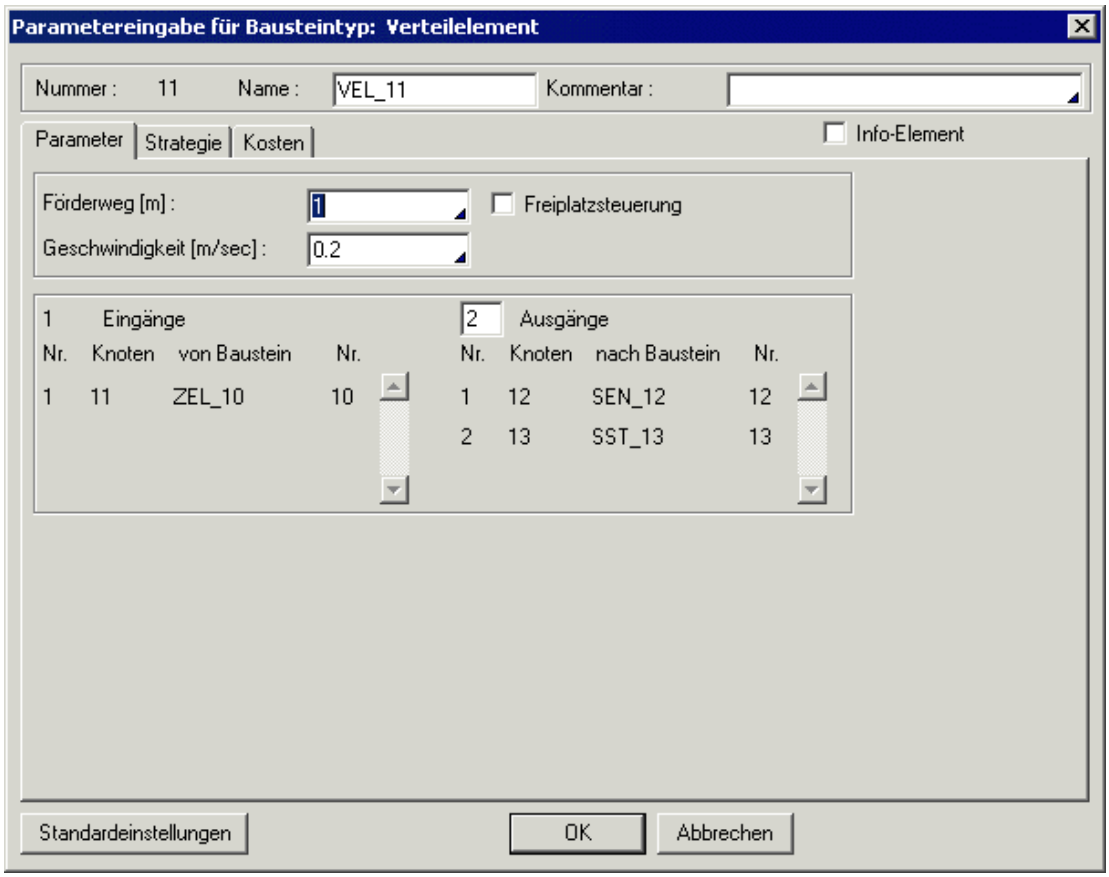


Bild 3.12: Parametermaske des Verteilelements

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

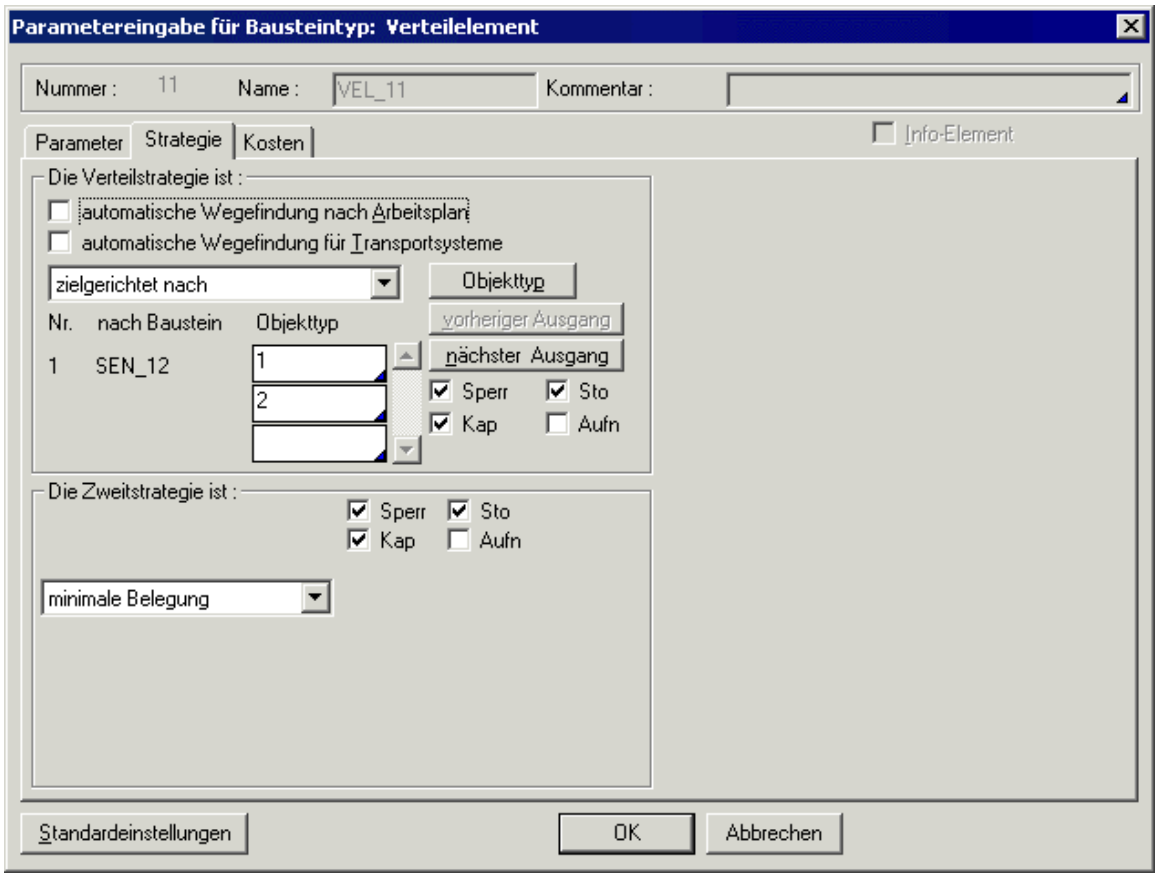


Bild 3.12: Strategiemaske des Verteilelements

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

3.2.7 Daten der Senke

Senke: Verteilung der Annahmezeit: exponentialverteilt (über Auswahlmenü); Erwartungswert: 55 sec

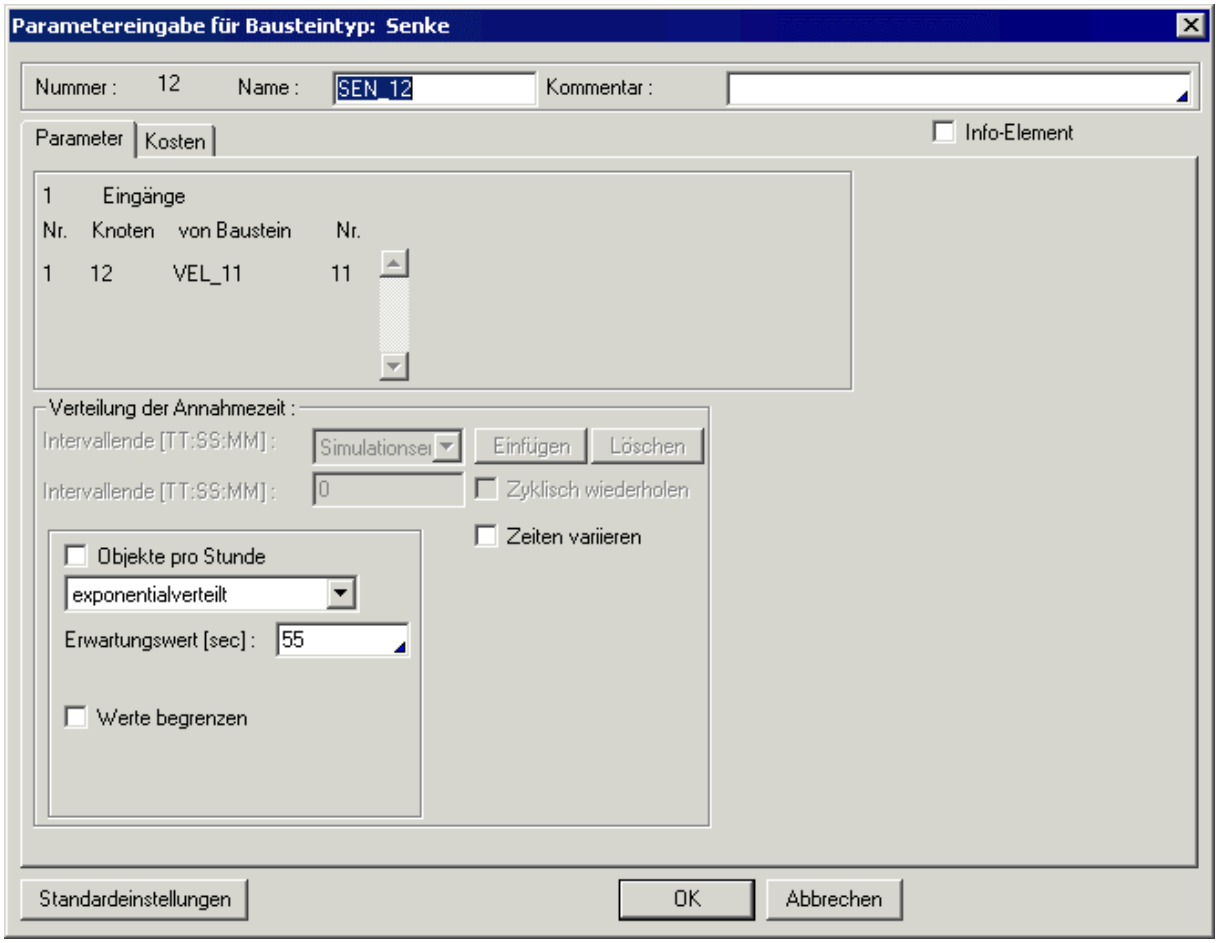


Bild 3.13: Parametermaske der Senke

Damit ist zunächst der verhältnismäßig aufwendige Schritt der Parametrierung der Bausteine abgeschlossen - deshalb bitte sichern.

3.2.8 Verbindung der Bausteine

Als weiterer Bearbeitungsschritt wird nun die Eingabe der Verbindungen zwischen den Bausteinen vorgenommen. Dazu wird der Menüpunkt *Modell* auf der Hauptmenüleiste angewählt und der Unterpunkt *Verbinden aktiviert* angeklickt. Nun befindet man sich im Verbindungsmodus - die Materialflussverbindungen werden hergestellt. Dazu wird ein Ausgangsbaustein mit der Maus angeklickt (linke Taste) und anschließend ein Zielbaustein (linke Taste) markiert. Durch Betätigen der rechten Taste wird die Verbindung schließlich hergestellt.

Dies wird durch das Einzeichnen einer grünen Doppelpfeilspitze sichtbar. Die Quelle wird dabei schwarz gekennzeichnet - ein Zeichen, dass nunmehr alle Dateneinträge für diesen Baustein vorhanden sind. Diese Vorgehensweise wiederholt sich nun vielfach - bis alle Bausteine miteinander verbunden sind.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Achtung!

Für einzelne Bausteine hat die Reihenfolge der Verbindungseingabe entscheidenden Einfluss auf die Parametrierung. Dazu zählen: Der Verteilwagen, das Zusammenführungselement und das Verteilelement.

Es gilt die Regel:

Eingang 1 wird der ersten Verknüpfung zugeordnet, Eingang 2 der folgenden usw. Entsprechendes gilt bei den Ausgängen. Das heißt also beim Verteilwagen, dass zunächst die Wareneingangsstaustrecke mit dem Verteilwagen verbunden wird (Eingang 1) und anschließend die Rückführung (Eingang 2). Bei den Ausgängen wird zunächst die oberste Staustrecke angebunden (Ausgang 1) und anschließend die untere (Ausgang 2).

Das Verteilelement wird mit der Senke verbunden (Ausgang 1) und anschließend mit der Rückführungssteuerstrecke (Ausgang 2).
Die Modelleingabe ist nun vollständig abgeschlossen. Insgesamt sieht das Layout nun folgendermaßen aus:

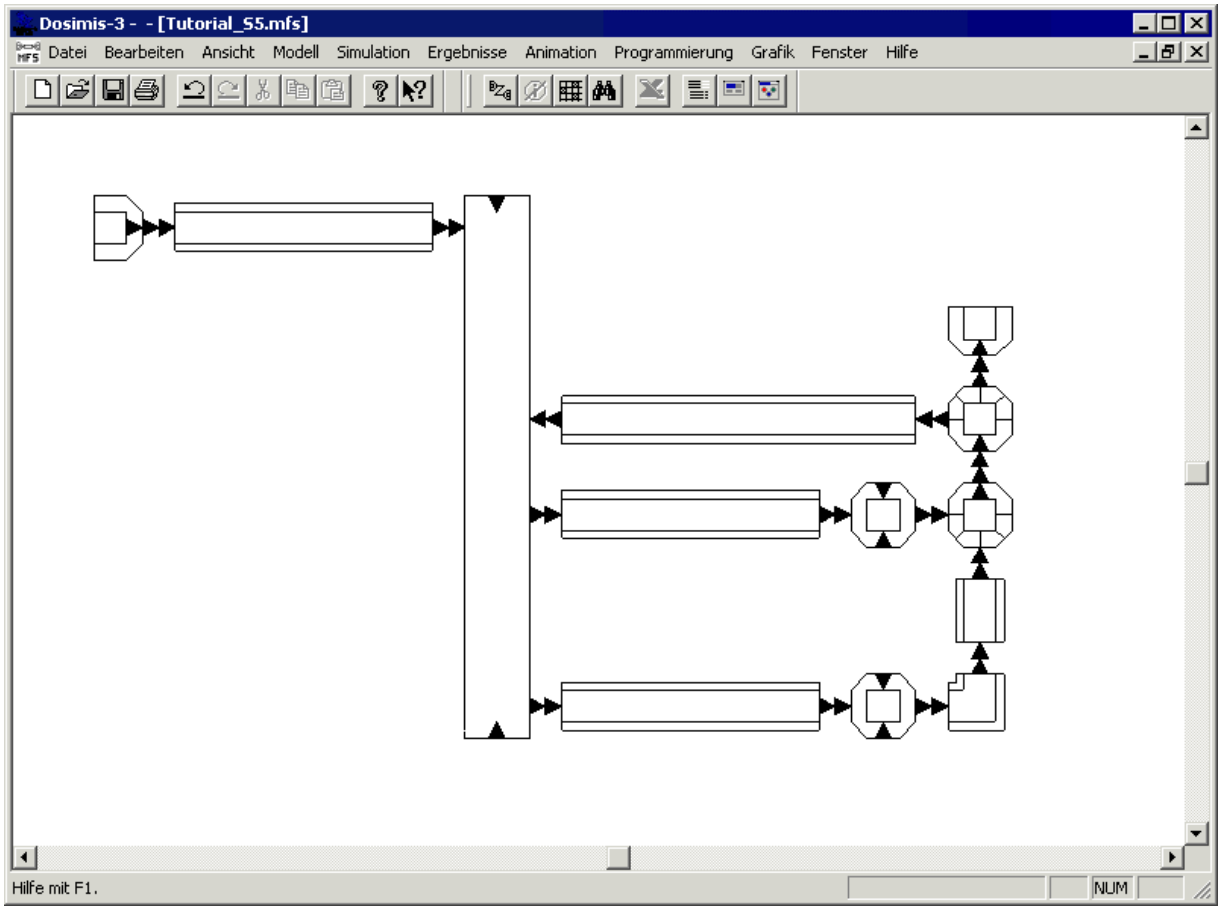

Dosimis-3 - - [Tutorial_55.mfs]
Datei Bearbeiten Ansicht Modell Simulation Ergebnisse Animation Programmierung Grafik Fenster Hilfe
Hilfe mit F1.
NUM

Bild 3.14: Vollständiges Layout

Der Verbindungsmodus muß wieder deaktiviert werden. Dazu wird unter dem Hauptmenü *Modell* der Unterpunkt *Verbinden aktiviert* angewählt und damit wieder ausgeschaltet. Die Verbindungsknoten werden nun alle schwarz dargestellt.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

3.3 Starten eines Simulationslaufs

Die Eingabe der Simulationszeit erfolgt unter dem Menüpunkt „Simulation“ auf dem Hauptmenü. Angeklickt wird der Begriff „Parameter“. Es erscheint eine Maske mit folgenden Einträgen (Eingaben in Minuten):

Sim.-Zeit	300	(d.h. also 5 Stunden)
Vorlauf	0	(kein Vorlauf)
Stat.-Interv.	60	(d.h. alle 60 Minuten wird eine Gesamtstatistik ausgegeben)

Die restlichen Einträge behalten die Vorabbelegung. Um nun einen ersten Simulationslauf starten zu können, muß noch einmal auf der Hauptmenüleiste der Menüpunkt *Simulation* mit dem Untermenüpunkt *Konsistenzcheck* angewählt werden. Damit werden Prüfroutinen aktiviert, die eine eingeschränkte Vollständigkeitsprüfung (Parameterdaten, Verknüpfungen) durchführen können. Dieser Menüpunkt ist deaktiviert, wenn die Konsistenz schon erfolgreich festgestellt wurde.

Die Simulation wird gestartet unter dem Menüpunkt *Simulation* mit dem Untermenüpunkt *Start*. Es erscheint ein Fenster mit einem Zeitbalken, der einen blauen Anzeiger durchlaufen lässt. Sobald die Simulation beendet ist, verschwindet das Fenster. Die protokollierten Ergebnisdaten können nun ausgewertet werden.

3.4 Ergebnisdienste

Der nächste Schritt betrifft die Animation.

Dort wird der zeitliche Ablauf der Dynamik sichtbar. Dazu wird auf der Hauptmenüleiste der Punkt *Animation* mit dem Unterpunkt *Parameter* angeklickt.

Ausgewählt wird der Knopf *zeittreue Animation*. Die Animationsgeschwindigkeit wird mit dem *Zeitfaktor* festgelegt. Dieser Zeitfaktor erhält den Wert 30 (je nach Rechnergeschwindigkeit - voreingestellt ist 1000). D.h. also, dass 30 min im Zeitraffer in einer Minute dargestellt werden. Danach wird auf der Hauptmenüleiste unter *Animation* der Unterpunkt *Start* angewählt - die Animation läuft ab. Gezeichnet werden Kästchen in verschiedenen Farben mit eingeschriebener Nummer. Die Farben haben folgende Bedeutung:

grün: Zustand „wartet“ oder „fährt“
rot: Zustand „blockiert“
blau: Zustand „in Arbeit“

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Das Ergebnis des ersten Laufes ist eine Systemverklemmung - alles steht still - schon nach kurzer Zeit (Bild 3.15). Dieses Problem kann durch eine Parameterveränderung behoben werden (siehe Kapitel 4). Dazu muß zunächst die Animation ausgeschaltet werden (Hauptmenüleiste „Animation“, Untermenü „Stop“).

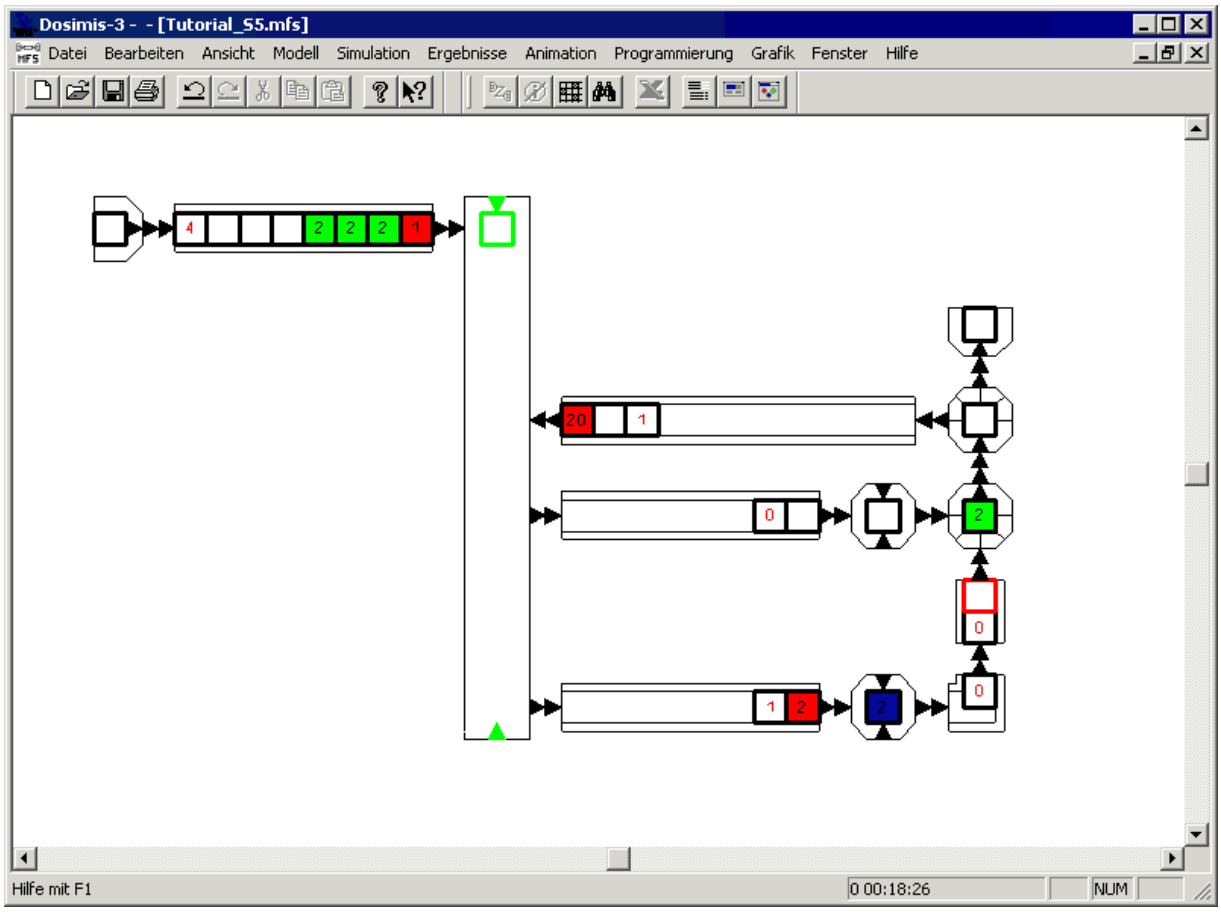

Dosimis-3 - - [Tutorial_55.mfs]
Datei Bearbeiten Ansicht Modell Simulation Ergebnisse Animation Programmierung Grafik Fenster Hilfe
Hilfe mit F1
0 00:18:26
NUM

Bild 3.15: Animation der Abläufe im Produktionssystem

Als nächstes werden die Statistiken behandelt.

Der Simulationslauf hat also eine Systemverklemmung aufgezeigt. Es interessiert nunmehr die Belegung der Quelle und die Belegung des Puffers am Wareneingang. Zunächst müssen die zu betrachtenden Bausteine ausgewählt werden. Dazu wird mit der linken Maustaste die Quelle angeklickt und mit der Taste „Strg“ (oder Ctrl) plus Mausklick die angrenzende Staustrecke. Anschließend wird unter dem Hauptmenüpunkt „Ergebnisse“ der Menüpunkt „Pufferanalyse/Belegungsdiagramm“ angewählt.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Es ergibt sich etwa folgendes Bild:

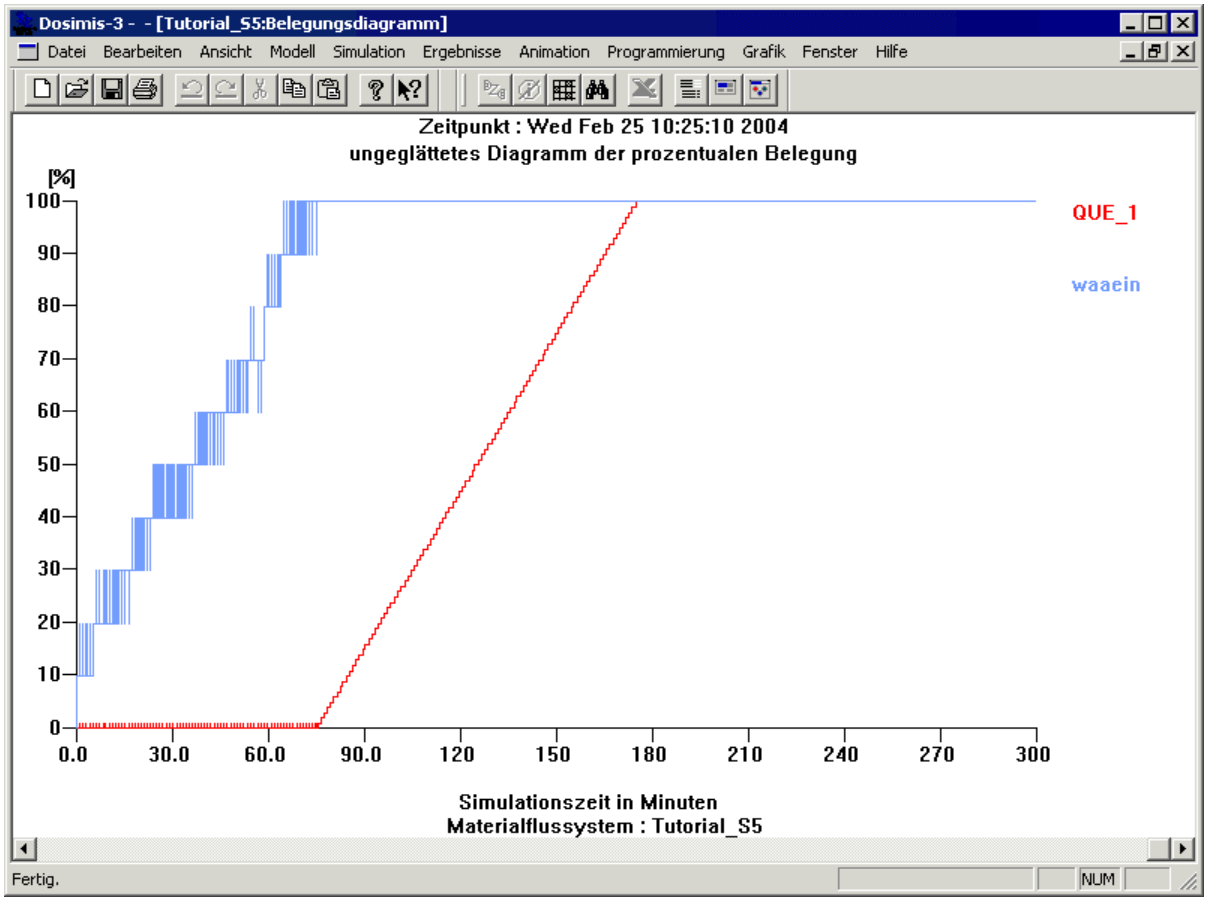


Bild 3.16: Belegungsdiagramm

Über die Zeitachse ist der Füllstand (in Prozent) des Wareneingangspuffers und der Quelle aufgezeichnet. Die Kurve des Wareneingangs enthält Sprünge (10 % entsprechen einer Palette in der Staustrecke).

Je nach Zufallsreihenfolge können leichte Abweichungen in den Bildern vorhanden sein. Eine entsprechende Vorgehensweise ergibt sich für die Darstellung der Auslastung der Arbeitsstationen. Über einen Klick sowie eine Eingabe „Strg“ plus Mausklick werden die Arbeitsplätze angewählt und über den Menüpunkt „Ergebnisse“ und „Bausteinhistogramm“ dargestellt.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Es ergibt sich folgendes Diagramm:

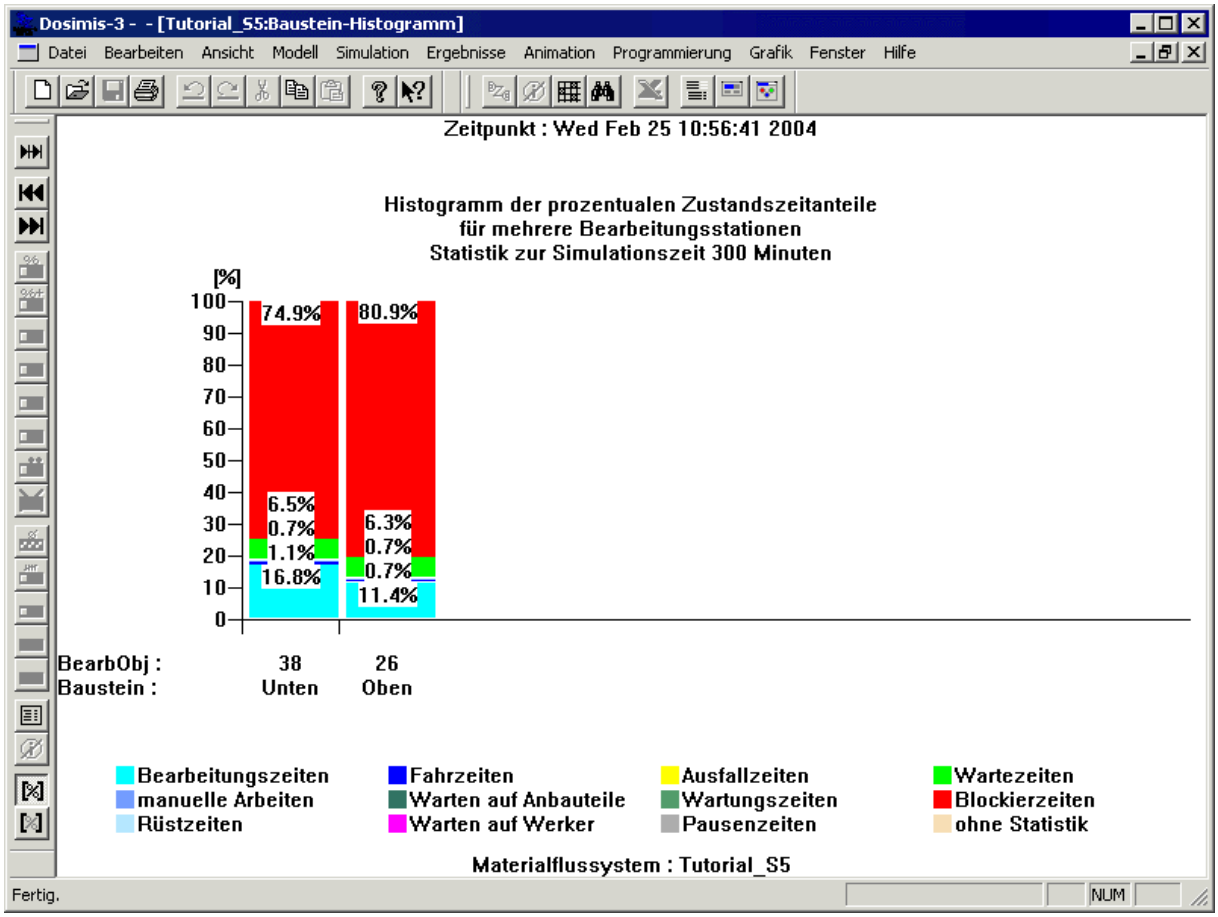


Bild 3.17: Bausteinhistogramm

Im Bausteinhistogramm ist die Auslastung der Arbeitsplätze dargestellt. Wichtig für die vorliegende Aufgabenstellung sind Bearbeitungszeiten, Rüstzeiten, Wartezeiten und Fahrzeiten.

3.5 Probleme

Bei der Bedienung des Simulationssystems kommen gelegentlich „Überraschungsmomente“ vor. Diese unerwarteten Ausnahmesituationen können in zwei Kategorien eingeteilt werden:

- Programmfehler
- Handhabungsfehler

Zu den Programmfehlern:

- Absturz des Simulators
  Vorsorgemaßnahme: Modell immer wieder sichern!
  Falls ein Modell beim Absturz zerstört wurde, gibt es noch eine Sicherungskopie, die den letzten Sicherungsstand enthält. Die Dateien heißen *.dbk und *.mbk (* ist ein Platzhalter für den Modellnamen - z.B. DOSIMIS-3). Durch Umkopieren der Dateien (im Datei-Manager) von *.dbk auf *.dar und *.mbk auf *.mfs ist der alte Zustand wiederhergestellt.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Zu den Handhabungsfehlern:

Es gibt eine Reihe von Bedienungssequenzen, die gelegentlich für Verwirrung sorgen. In der Praxis haben sich folgende Fälle ereignet:

- Die Simulation läuft und der Balken erscheint im Fenster (oben links). Durch ein Klicken in die Menüleiste des Hauptfensters verschwindet plötzlich das Fenster mit dem Simulationsbalken.
  Erklärung:
  Das Fenster ist nach hinten gerutscht. Solange die Simulationsberechnung läuft, ist keine Eingabe mehr möglich.

- Während der Positionierung eines Bausteins in der Eingabe (z.B. Verteilwagen - Klick auf den Rand) wird versehentlich der Balken angeklickt, der das Modellfenster verschiebt.
  Erklärung:
  Das Modellfenster ist zunächst aus dem sichtbaren Bereich verschoben worden. Durch das Einblenden des Modellfensters (Menüleiste: Ansicht - Zoom - Modell) wird das ursprüngliche Fenster wieder eingeblendet.

- Falsche Auswahl von Statistikdaten
  Bausteinhistogramme können nur für Arbeitsstationen und Verteilwagen ausgewählt worden. Wenn ein anderer Baustein angewählt wird (z.B. Staustrecke), erscheint eine Dialogbox mit entsprechenden Hinweisen.

- Nach dem Verbinden der Bausteine wird gelegentlich vergessen, aus dem „Verbindemodus“ in den normalen Simulationsmodus umzuschalten. Man merkt dies an der Tatsache, dass die übliche Manipulation (z.B. Anwählen von Bausteinstatistiken) nicht möglich ist - und daran, dass die Knoten grün dargestellt werden.

- Nach der vollständigen Modelleingabe bleibt ein Baustein grün, obwohl alle Daten in der Parametermaske korrekt ausgefüllt sind.
  Erklärung:
  Es kommt gelegentlich vor, dass aus Versehen zwei gleichartige Bausteine aufeinanderliegen. Der untere Baustein ist nicht parametriert und der obere ist vollständig beschrieben. Durch ein Verschieben des oberen Bausteins (mit anschließender F5-Tastenbedienung) wird der untere Baustein sichtbar. Dieser muß gelöscht werden.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

4 Experimente mit dem Praxisbeispiel

4.1 Ausgangssituation

Das kleine Produktionssystem wurde geplant und soll nun mit Hilfe der Simulationstechnik noch einmal überprüft werden.

Offene Fragen betreffen insbesondere die Dimensionierung der Puffer und die Steuerungsstrategien zum Betrieb der Anlage.

Die Form des Layouts, insbesondere die Anordnung des Wareneingangs mit der Gesamtlänge des Verteilwagens sowie die produktionstechnischen Daten (Arbeitszeiten und Nacharbeitsquoten) sind im Rahmen dieser Planung nicht beeinflussbar. Ausgangspunkt ist zunächst das vollständig eingegebene Modell wie im Kapitel 3 beschrieben.

Nach dem ersten Simulationslauf ergeben sich die im folgenden zusammengestellten Optimierungsschritte (Achtung: die Ergebnisdiagramme müssen nicht zwangsläufig vollständig mit dieser Vorlage übereinstimmen - je nach Reihenfolge der Eingaben können leichte Abweichungen auftreten).

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

4.2 Optimierungsschritte

4.2.1 Schritt 1 - Deadlock (Verklemmung)

Start:

Animation (Animationsstart 0, Animationsgeschwindigkeit 30). Nach kurzer Zeit stellt sich eine Systemverklemmung (Deadlock) ein - nichts bewegt sich mehr.

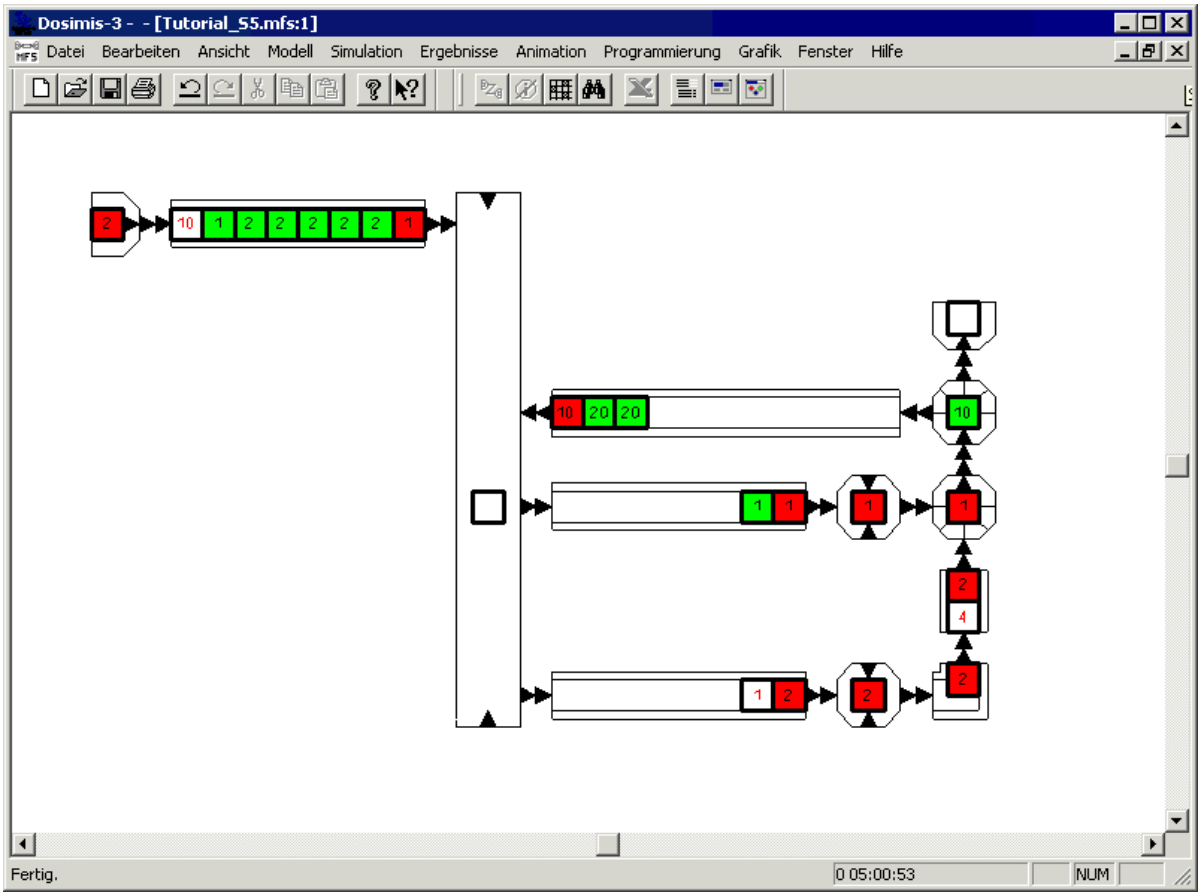


Bild 4.1: Deadlock

Ursache:

Im Verteilelement steht ein Werkstück, das in die Rückfahrstrecke (Nacharbeit) einfahren muß, aber nicht kann - die Pufferstrecke ist voll. Dieses Werkstück blockiert den gesamten Fluss, so dass es zu Rückstauungen kommt.

Bei genauerer Betrachtung zeigt sich, dass zwei Materialflusskreise existieren. Ein kleinerer, er besteht aus dem Verteilwagen, dem Puffer vor der oberen Arbeitsstation, der Arbeitsstation selbst, dem Zusammenführungselement, dem Verteilelement und der Rückführungsstrecke.

Der große Kreis führt über den unteren Materialflusszweig. Der Verteilwagen nimmt im Staufall keine Werkstücke auf. Die Steuerung von Verteilwagen (und auch Regalbediengeräten) sieht vor, dass keine Werkstücke aufgenommen werden, die nicht abgegeben werden können. Selbst wenn diese Steuerung nicht vorhanden wäre, würde die Aufnahme eines weiteren Werkstücks keine Lösung liefern.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Ein erster Lösungsvorschlag könnte die Vergrößerung des Rückführungspuffers betreffen. Dies führt allerdings immer wieder zu Systemverklemmungen - der Zeitpunkt wird lediglich hinausgezögert, da die kritischen Situationen seltener eintreten - vermieden werden sie auf diese Weise nicht.

Fazit:

Die eigentliche Ursache für die Verklemmung ist die falsche Priorität des Verteilwagens. Er muß den Rückführstrang mit hoher Priorität entsorgen.

4.2.2 Schritt 2 - Vorsortierung

Maßnahme:

Im Verteilwagen wird die Priorität der Eingänge vertauscht.

Die Vorfahrtstrategie

Eingang	Priorität
1	2
2	1

Die Priorität „1“ entspricht einer hohen Priorität, „2“ dementsprechend einen niedrigen.

Erneut wird eine Simulation angestoßen: Hauptmenüleiste: *Simulation,* Untermenü: *Start*

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Start:

a) Belegungsdiagramm der Quelle und der Staustrecke nach der Quelle. Es zeigt sich, dass schon nach kurzer Zeit die Puffer voll laufen. Die Quelle kann 100 Werkstücke aufnehmen (d.h. also die Prozentangabe entspricht der Palettenanzahl). Nach 5 h sind 80 - 90 Werkstücke im Wareneingang (d.h. der Quelle) zurückgestaut.

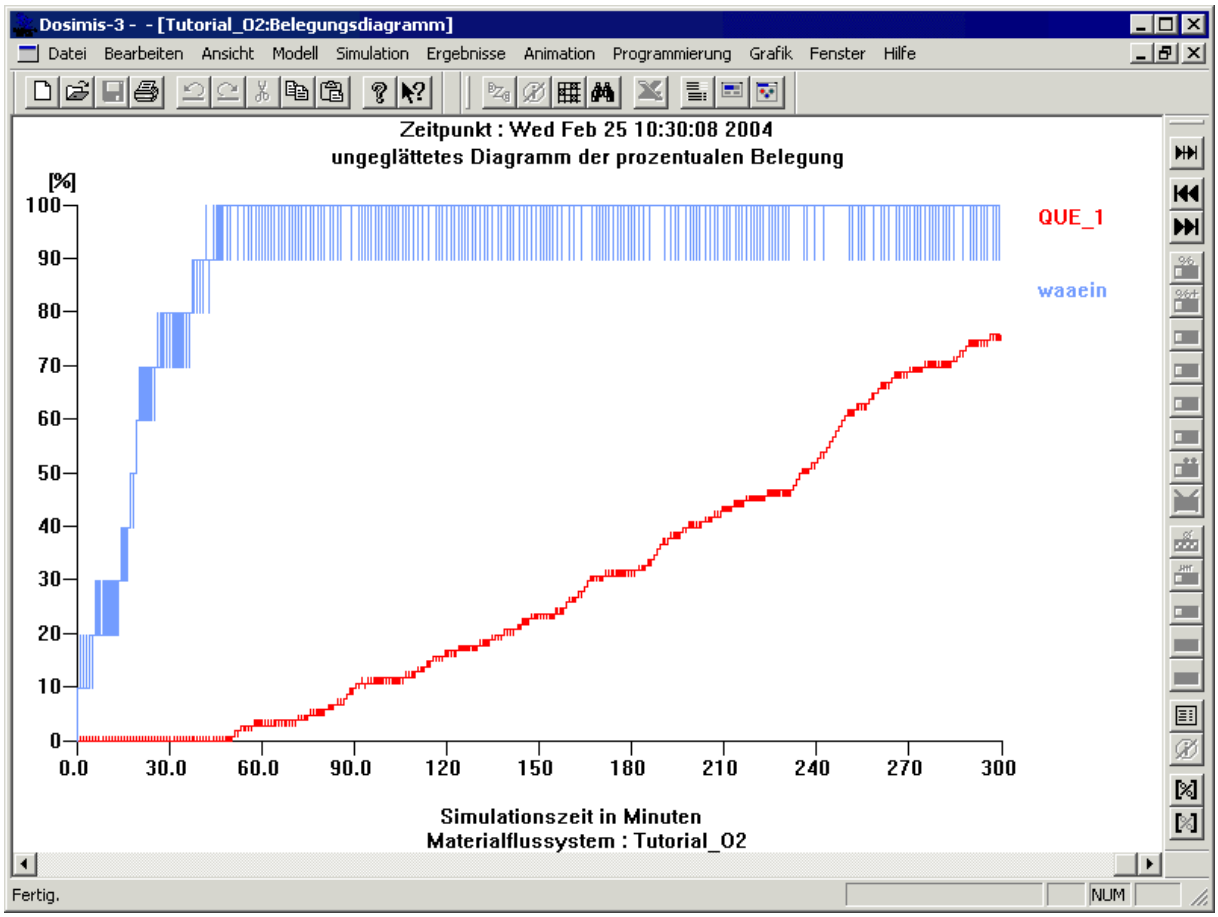


Bild 4.2: Belegungsdiagramm der Quelle und angrenzenden Staustrecke

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

b) Bausteinhistogramm der Arbeitsstationen. Man erkennt in beiden Arbeitsstationen einen Zeitanteil von ca. 20 % Wartezeit (grün).

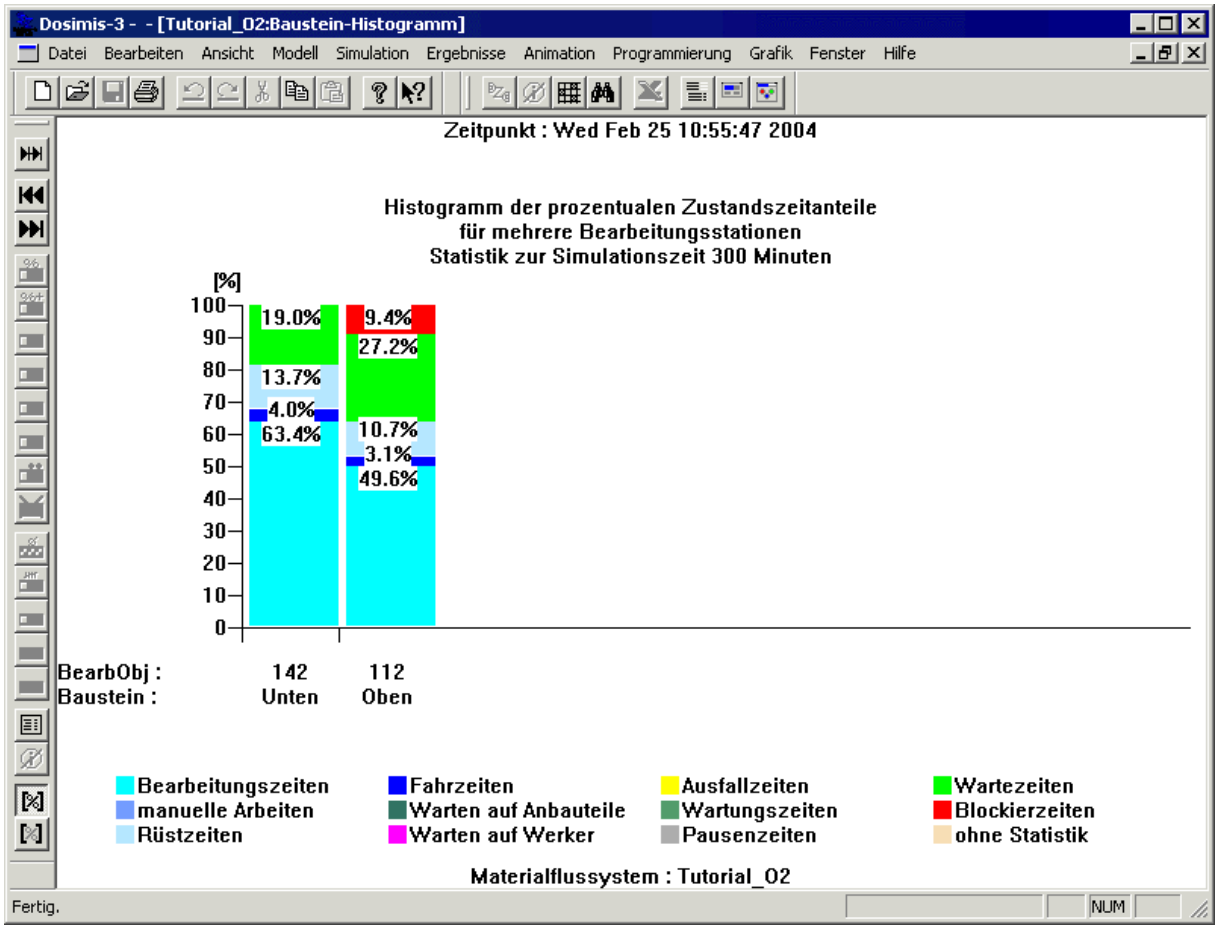


Bild 4.3: Bausteinhistogramm der Arbeitsstationen

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

c) Bausteinhistogramm des Verteilwagens. Auch hier sind noch Wartezeiten erkennbar - wenn auch in geringerem Maße.

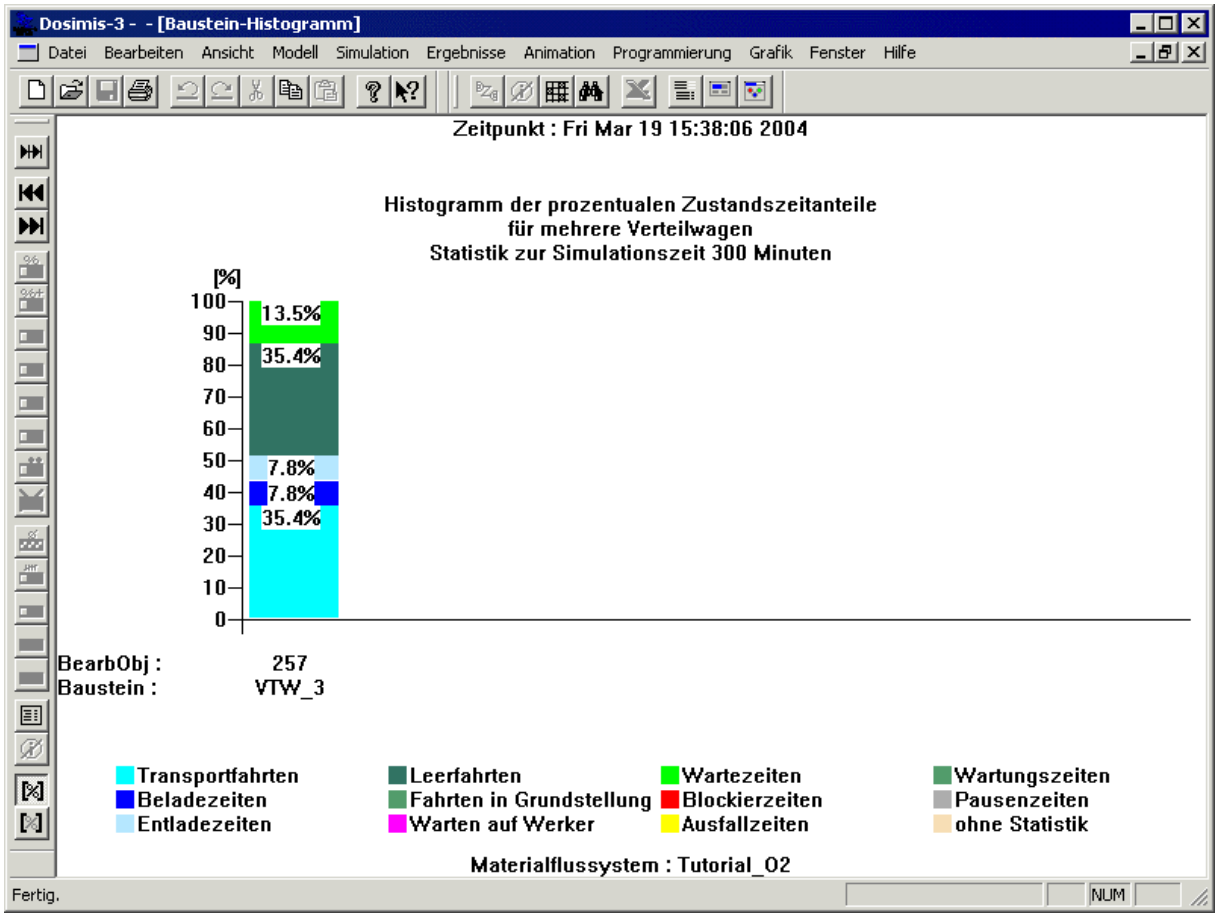


Bild 4.4: Bausteinhistogramm des Verteilwagens

Fazit:

Alles wartet, aber in der Quelle stauen sich die Werkstücke zurück.

Ursache:

Die Produkte vom Typ "1" und "2" kommen in unregelmäßiger Folge. Über einen größeren Zeitraum sind sie zwar ausgeglichen - in kleineren Zeitabschnitten kann der Produktmix aber auch sehr ungünstig zur einen oder anderen Seite schwanken.

Der Puffer zwischen Verteilwagen und den Arbeitsstationen ist für diese Schwankungen zu klein. Ein Puffer vor einer Arbeitsstation läuft immer voll - bis auf der Staustrecke nach der Quelle unglücklicherweise das falsche Produkt vorne ansteht. Der Verteilwagen kann nichts mehr transportieren und wartet. Der Puffer vor der benachbarten Arbeitsstation läuft leer bis schließlich die Arbeitsstation auch wartet.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Prinzipiell könnten verschiedene Maßnahmen ergriffen werden:

a) Sortierte Anlieferung der Werkstücke in der Quelle.
   Die Werkstücke vom Typ 1 und 2 werden in Lose von 1 (d.h. eigentlich zyklischer Wechsel) oder 2 Stück angeliefert.
   Nachteil:
   Das vorgelagerte System muß Sortieraufgaben wahrnehmen - die Probleme werden nach außen verlagert. Darüber hinaus bringt der zufällige Anfall der Nacharbeit jede ordentliche Sortierung durcheinander.

b) Flexible Verteilung der Produkte 1 und 2 auf beide Arbeitsstationen - je nach Arbeitsanfall.
   Nachteil:
   Hohe Rüstaufwendungen beim Produktwechsel (1 auf 2 und umgekehrt) sowie teure Investitionen in hochflexible Maschinen.

c) Vorsortierung der Produkte aus der Quelle auf zwei nebeneinanderliegende Sortierbahnen im Wareneingang.
   Nachteil:
   Es kommt trotzdem zu Rückstauungen, die sich im Wechsel auf die beiden Arbeitsplätze auswirken. Eine Sortierbahn läuft immer voll und blockiert letztlich die Versorgung der Werkstücke auf die Nachbarbahn.

d) Vergrößerung des Puffers zwischen Verteilwagen und Arbeitsstationen.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

4.2.3 Schritt 3 - Entkopplung (Vergrößerung der Puffer)

Maßnahme:

In diesem Schritt wird die Maßnahme d) umgesetzt. Die Puffers zwischen Verteilwagen und Arbeitsstationen werden vergrößert. Typische Werte sind 4 (oder 5 Plätze Kapazität, d.h. Anzahl der Segmente) in den Staustrecken.

Danach wird ein weiterer Simulationslauf angestoßen.

Start:

Belegungsdiagramm der Quelle und der direkt nachfolgenden Staustrecke: Es zeigt sich, dass der Rückstau in der Quelle nur unwesentlich abgenommen hat - die Maßnahme war wirkungslos.

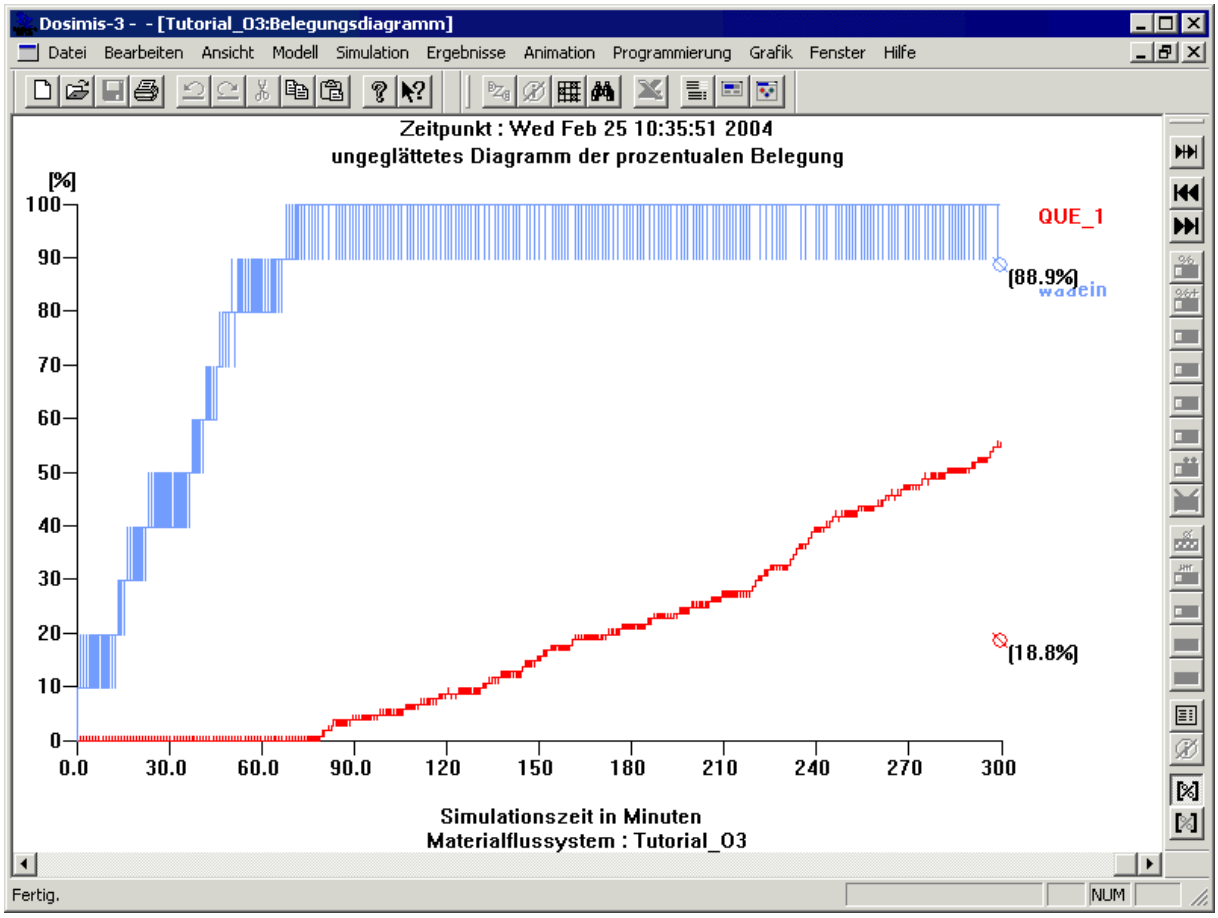


Bild 4.5: Belegungsdiagramm der Quelle und angrenzenden Staustrecke

Ursache:

Direkte Ursachen sind nicht erkennbar, die Ursachen aus Schritt 2 sind im Prinzip noch gültig.

Fazit:

Die Simulationstechnik eröffnet die Chance, Sachverhalte zu analysieren, zunächst unabhängig von den Investitionsmöglichkeiten.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Die eigentliche Maßnahme im Schritt 2 war die Entkopplung der kritischen Bausteine Arbeitsstation und Verteilwagen. Es sollte untersucht werden, wenn tatsächlich entkoppelt wird, ob die Probleme gelöst werden können.

Maßnahmen:

Es werden die Puffer vor den Arbeitsstationen noch einmal vergrößert. Diesmal auf die unrealistischen Kapazitätswerte 10.

Danach wird ein weiterer Simulationslauf angestoßen.

Start:

Belegungsdiagramm der Quelle und der angrenzenden Staustrecke: Der Rückstau ist nur geringfügig zurückgegangen - insbesondere wenn man bedenkt, dass die Pufferkapazität des Gesamtsystems erheblich zugenommen hat.

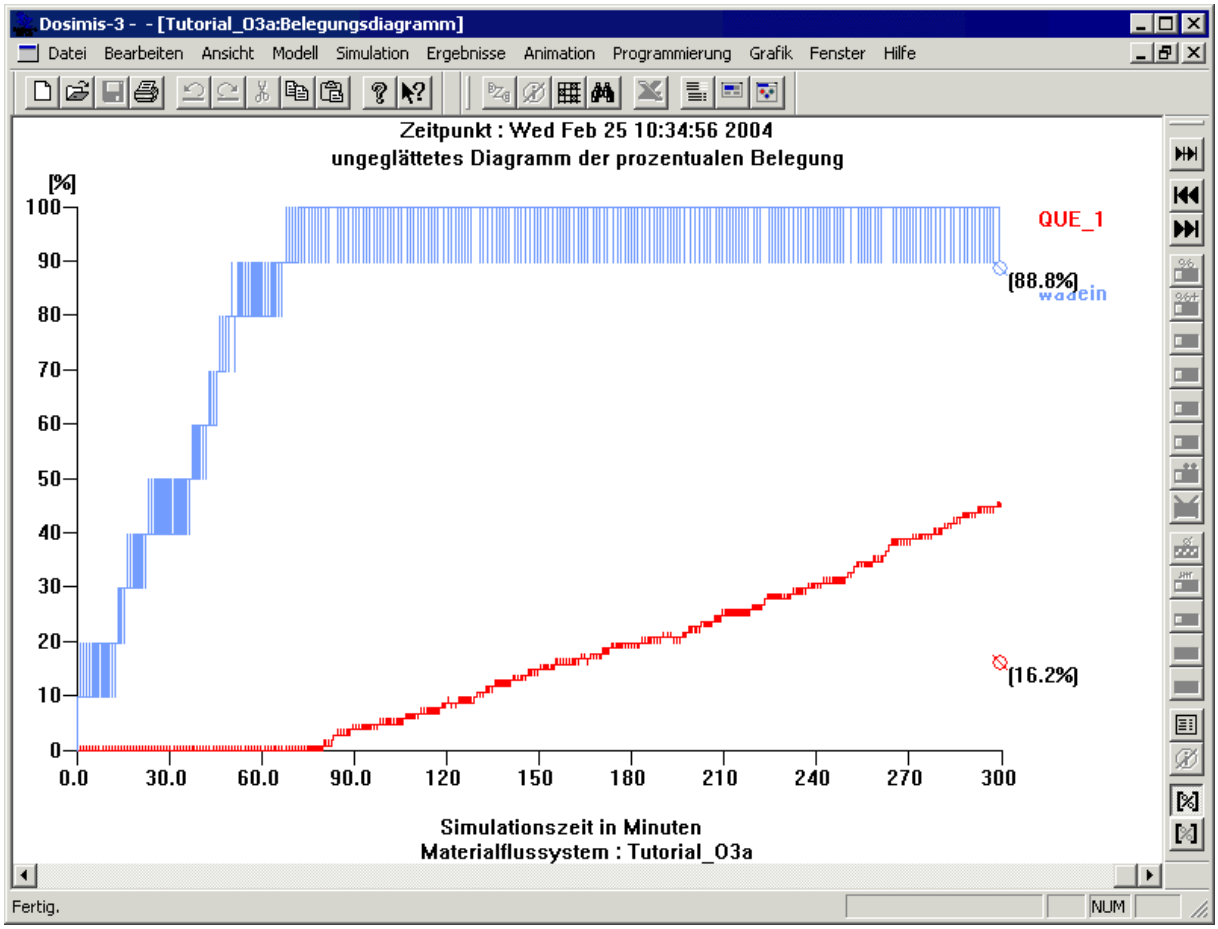


Bild 4.6: Belegungsdiagramm der Quelle und angrenzenden Staustrecke

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Belegungsdiagramm vor den beiden Arbeitsstationen: Es zeigt sich, dass die beiden Puffer praktisch nie gefüllt werden.

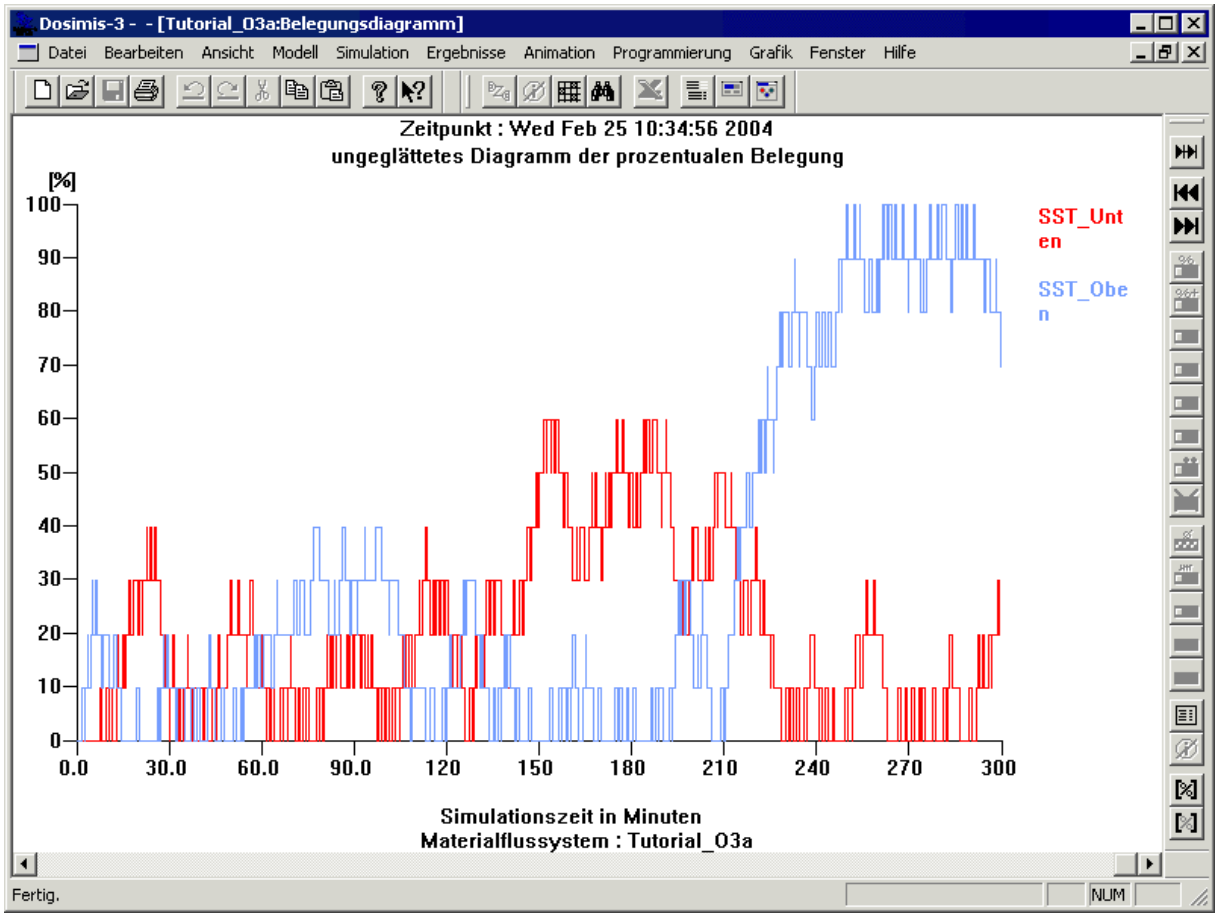


Bild 4.7: Belegungsdiagramm der Staustrecken (Puffer) vor den Arbeitsstationen

Fazit:

Der Verteilwagen muß ein Engpass sein, da der Puffer vor dem Verteilwagen ständig überfüllt ist und die Puffer nach den Verteilwagen nicht richtig befüllt werden. Durch das Auswählen des Bausteinhistogramms für den Verteilwagen wird sichtbar, dass er praktisch keine Wartezeiten mehr aufweist.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

4.2.4 Schritt 4 - Schnellerer Verteilwagen

Maßnahme:

Der Verteilwagen muß schneller werden. Ein technisch und wirtschaftlich sinnvoller Wert beträgt 2 m/sec Maximalgeschwindigkeit (Geschw. schnell in der Parametermaske).

Danach wird ein weiterer Simulationslauf angestoßen.

Start:

Belegungsdiagramm der Quelle und der angrenzenden Staustrecke. Der Rückstau ist nun deutlich geringer - aber vorhanden.

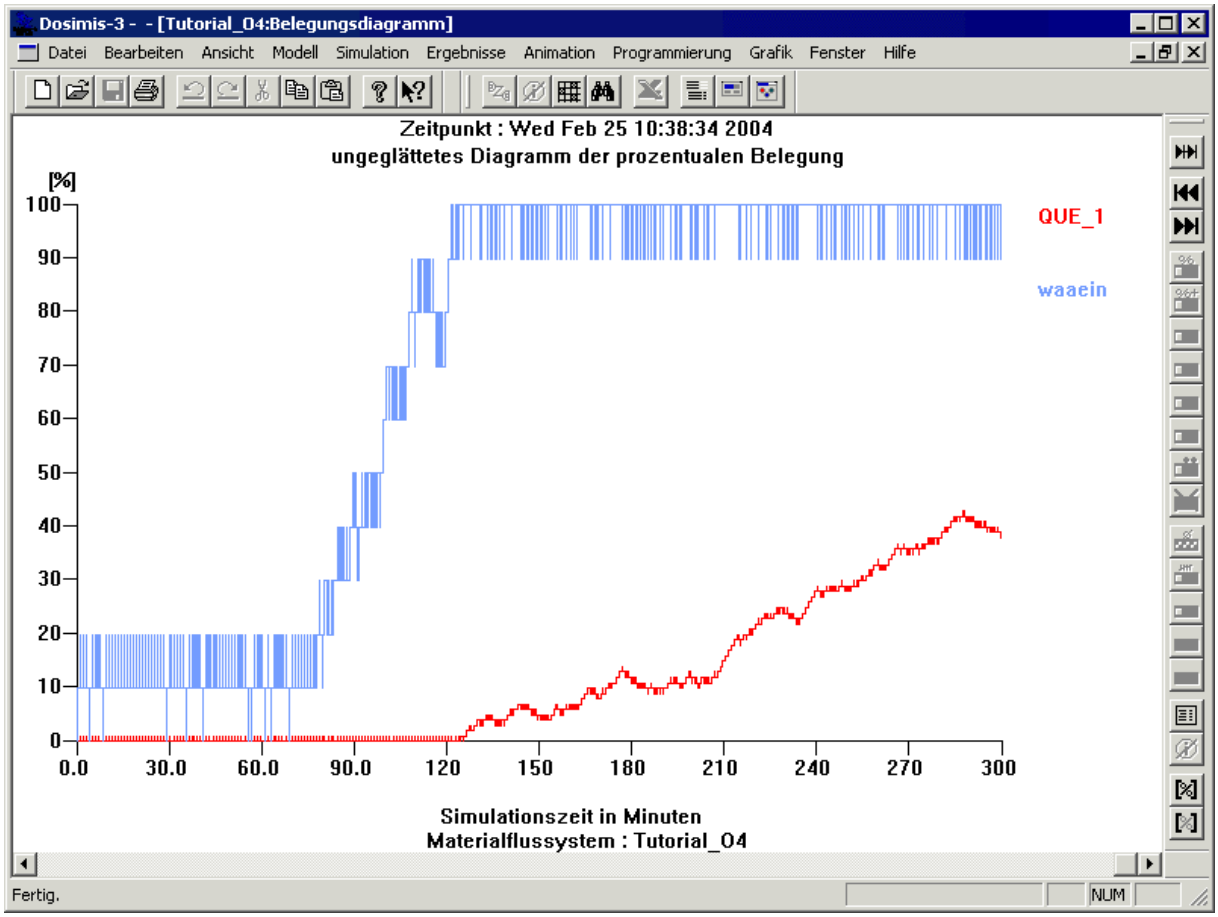


Bild 4.8: Belegungsdiagramm der Quelle und angrenzenden Staustrecke

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Histogramm der Arbeitsstation: Die obere Arbeitsstation weist einen verhältnismäßig hohen Blockadeanteil aus (roter Zeitanteil von ca. 20 %).

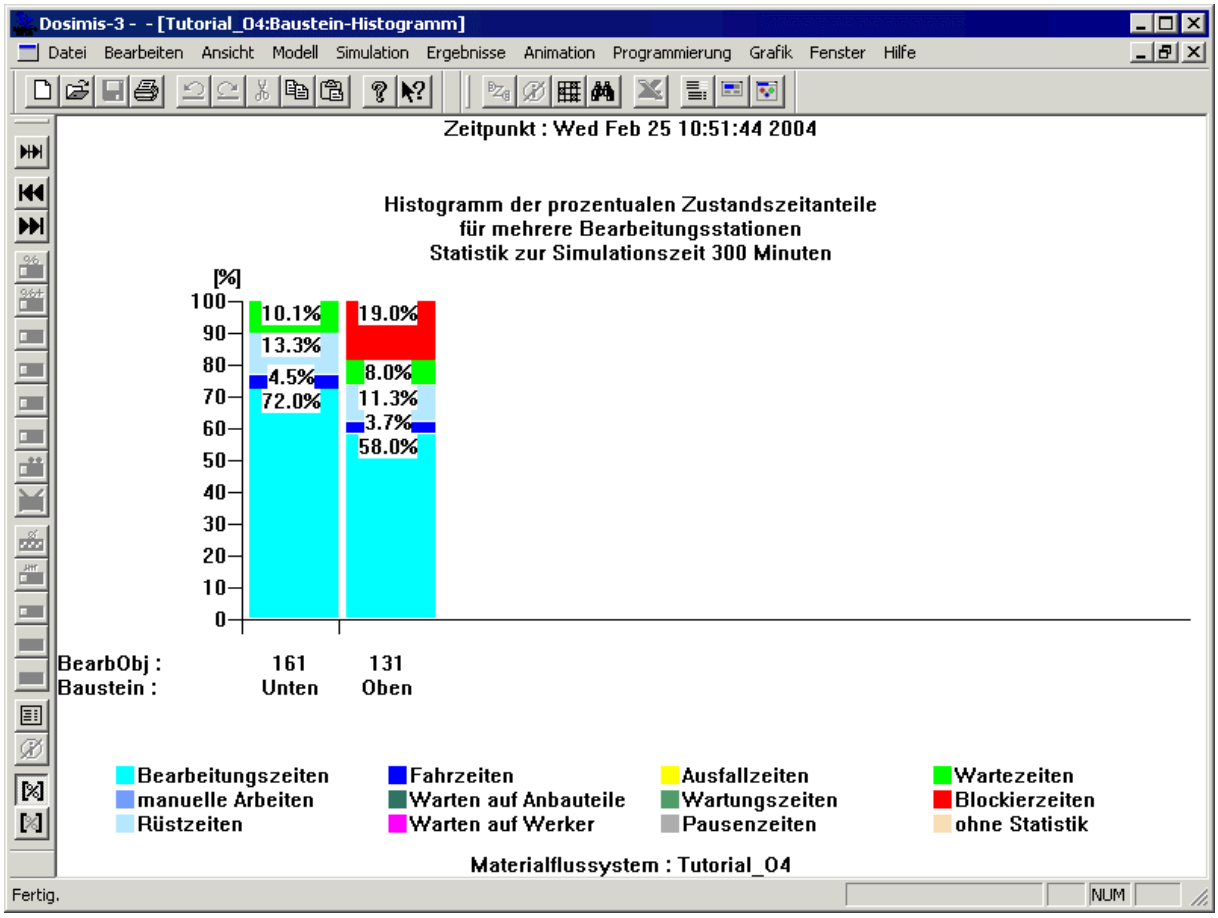


Bild 4.9: Bausteinhistogramm der Arbeitsstationen

Ursache:

Aufgrund der schwankenden Arbeitsleistung der Senke entstehen längere Warteschlangen vor der Senke. Diese Warteschlangen blockieren immer wieder die Staustrecke vor der oberen Arbeitsstation - die untere Arbeitsstation ist von den Rückstauungen nicht betroffen.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

4.2.5 Schritt 5 - Bevorzugte Entsorgung

Maßnahme:

Veränderung der Vorfahrtsstrategie im Zusammenführungselement: Priorität auf den Eingang der direkt an die Arbeitsstation angeschlossen wird - er erhält die Priorität 1, der zweite Eingang (von der Staustrecke) erhält den Wert 2.

Start:

Bei der Betrachtung des Belegungsdiagramms der Quelle und der angrenzenden Staustrecke zeigt sich, dass diese Maßnahme ineffizient ist.

Ursache:

Der Stau im Zusammenführungselement ergibt sich durch das dynamische Verhalten der Senke. Eine Prioritätsänderung bei der Vorfahrtsstrategie ändert fast nichts - die Stauung im Zusammenführungselement bleibt ja erhalten. Die untere Arbeitsstation wird im Rückstau nicht gestört, da der Abstand zur Senke viel größer ist als bei der oberen Arbeitsstation. Die Rückstauungen in der oberen Arbeitsstation führen zu einem vollen vorgelagerten Puffer - dieser ist dann nicht mehr aufnahmebereit für Objekte vom Typ 1. Ein voller Puffer ist kein Puffer - er hat seine Funktionsfähigkeit verloren.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

4.2.6 Schritt 6 - Puffer vor der Senke

Maßnahme:

Einführung eines Puffers vor der Senke: Zur Entkopplung der Senke sollte gleich ein Puffer mit einer Kapazität (Anzahl der Segmente) von 10 Plätzen gewählt werden. Am besten, man kopiert einen schon vorhandenen Baustein (z.B. Puffer vor oberer Arbeitsstation).

Es ergibt sich das im folgenden Bild dargestellte Layout.

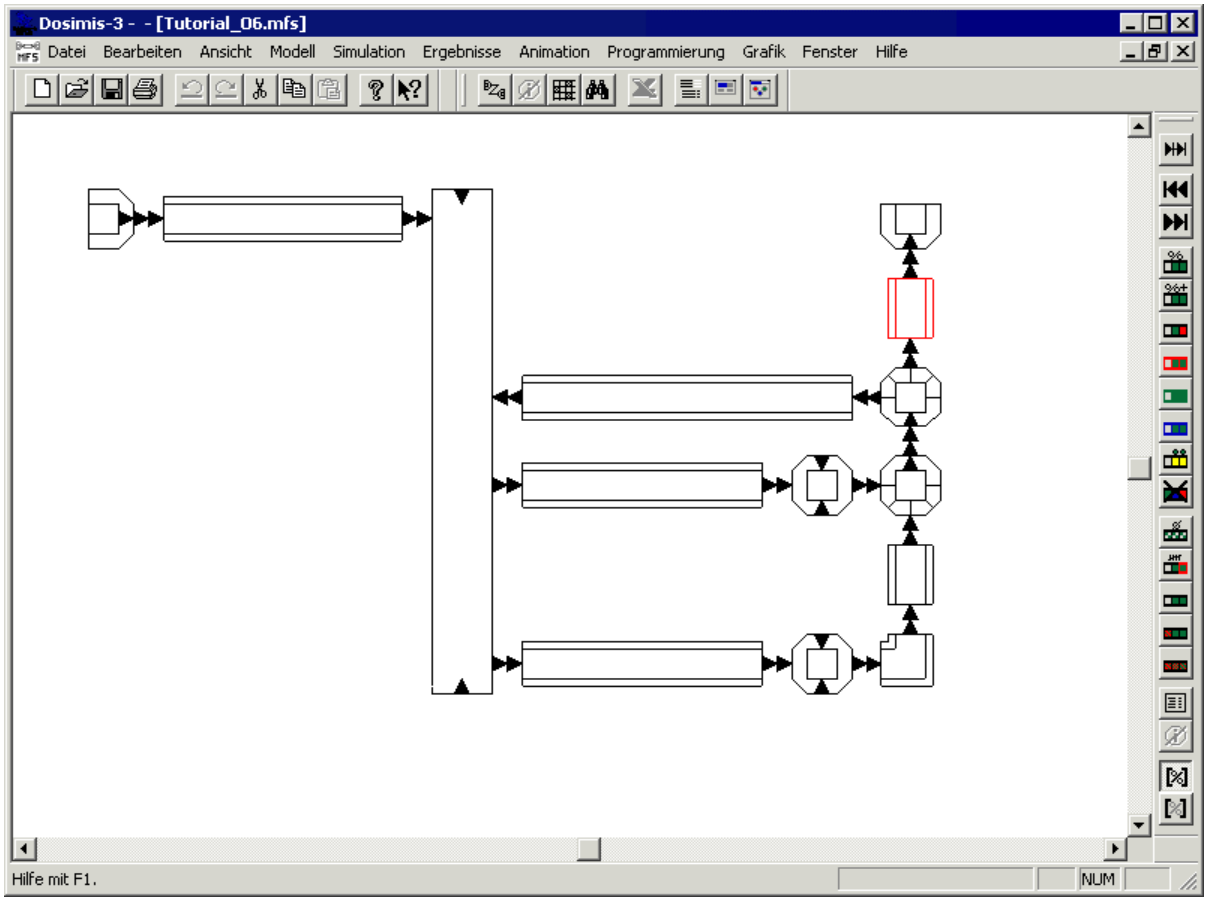

Dosimis-3 - [Tutorial_06.mfs]
Datei Bearbeiten Ansicht Modell Simulation Ergebnisse Animation Programmierung Grafik Fenster Hilfe
Hilfe mit F1.
NUM

Bild 4.10: Layout mit Puffer vor der Senke

Danach wird ein weiterer Simulationslauf angestoßen.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Start:

Betrachtet wird das Belegungsdiagramm der Quelle und der angrenzenden Staustrecke (siehe Bild 4.11):

Die Situation hat sich etwas entspannt - allerdings sind immer noch kleine Rückstauungen erkennbar. Die stabile Tendenz ist nicht sehr sicher und könnte nur durch eine längere Simulation abgeklärt werden. Abhängig von der Rechnergeschwindigkeit sollten nun entweder 6 oder besser noch 10 h simuliert werden.

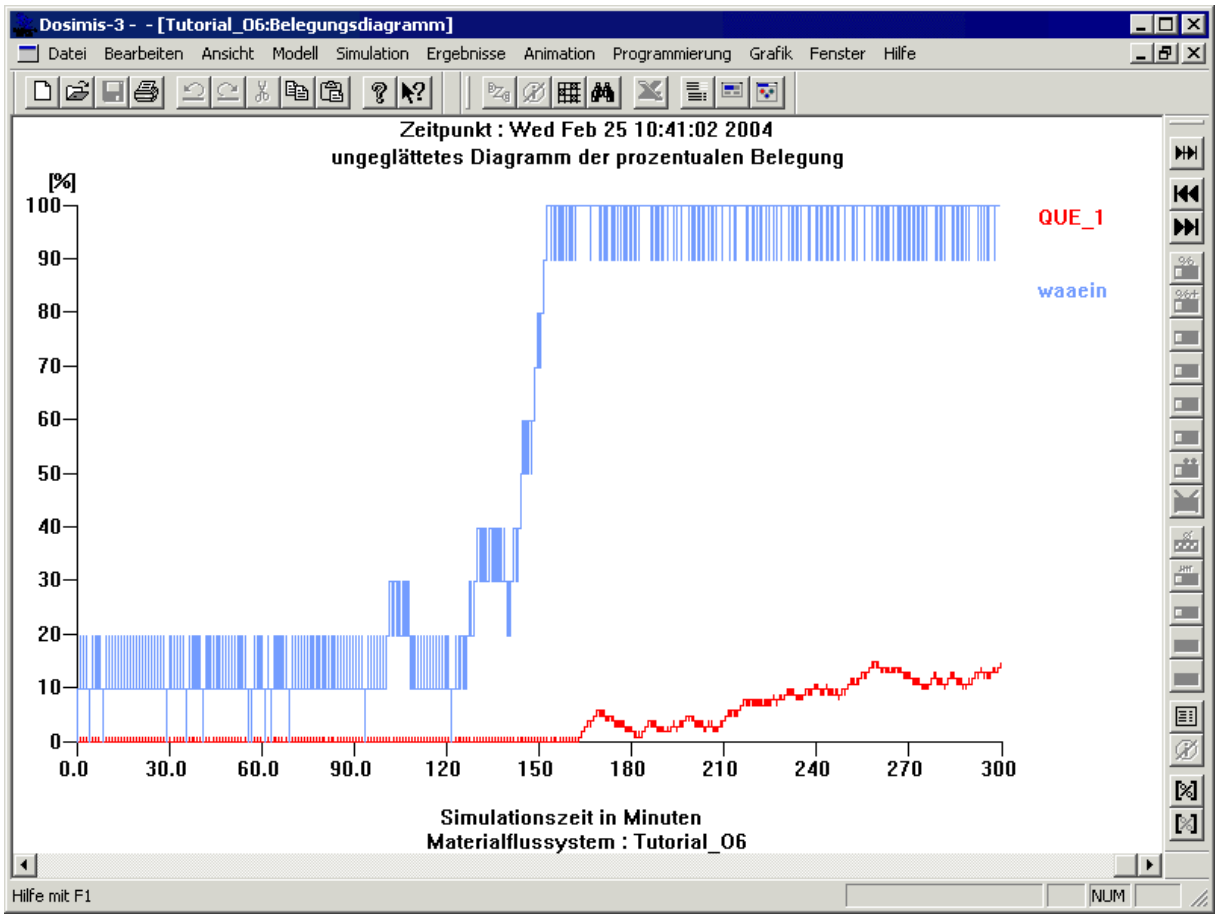


Bild 4.11: Belegungsdiagramm der Quelle und angrenzenden Staustrecke (5h)

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Bei der anschließenden Betrachtung des Belegungsdiagramms (Quelle und Staustrecke) ergibt sich eine unangenehme Überraschung - das System ist nicht stabil und läuft voll (Bild 4.12).

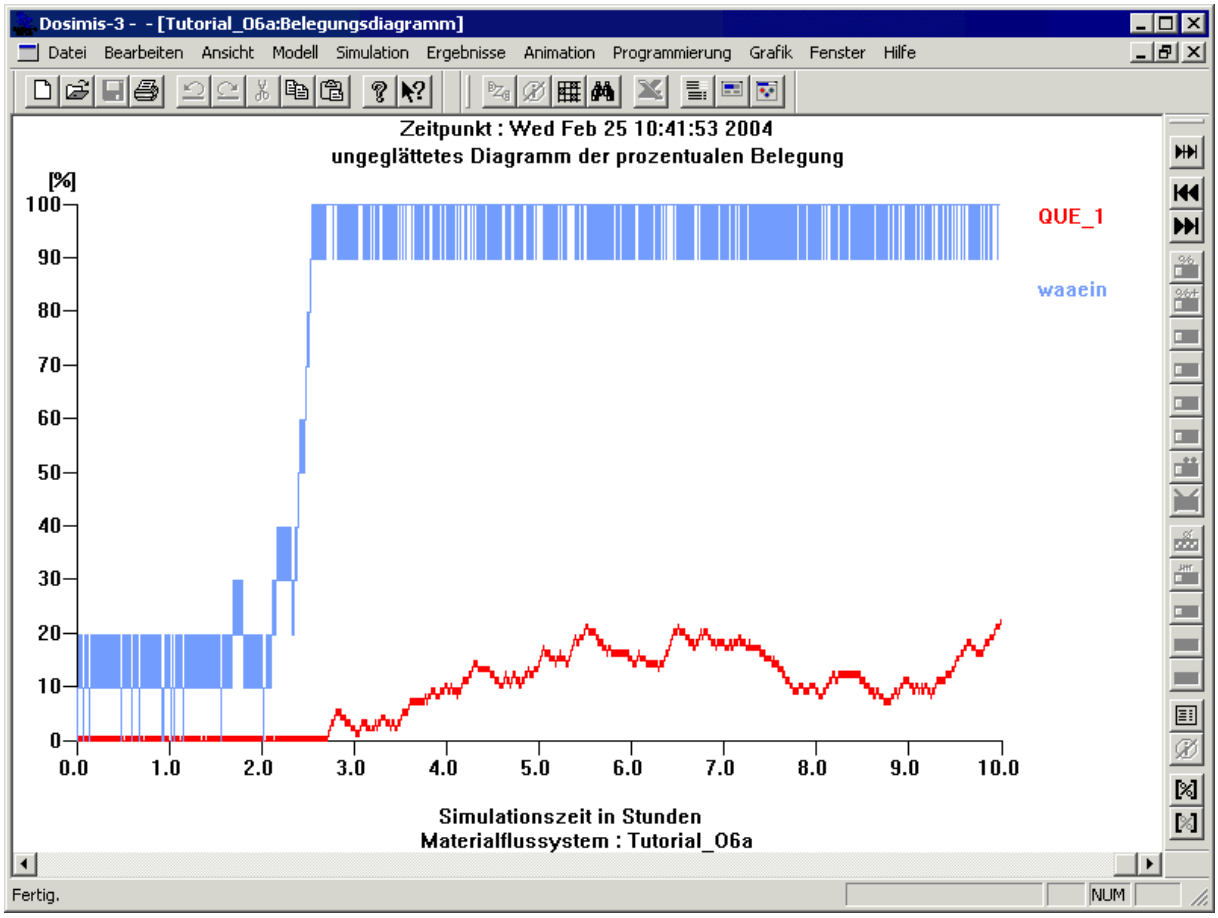


Bild 4.12: Belegungsdiagramm der Quelle und angrenzenden Staustrecke (10 h)

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Bausteinhistogramm der Arbeitsstation: Es zeigt sich, dass beide Arbeitsstationen zwar noch Reserven (grün, Wartezeiten) aufweisen. Diese ergeben sich jedoch, da irgendwann die Puffer vollaufen und anschließend eine Unterversorgung der Arbeitsplätze (im Wechsel) stattfindet. Die Arbeitsplätze werden am Rande ihrer Kapazitäten betrieben.

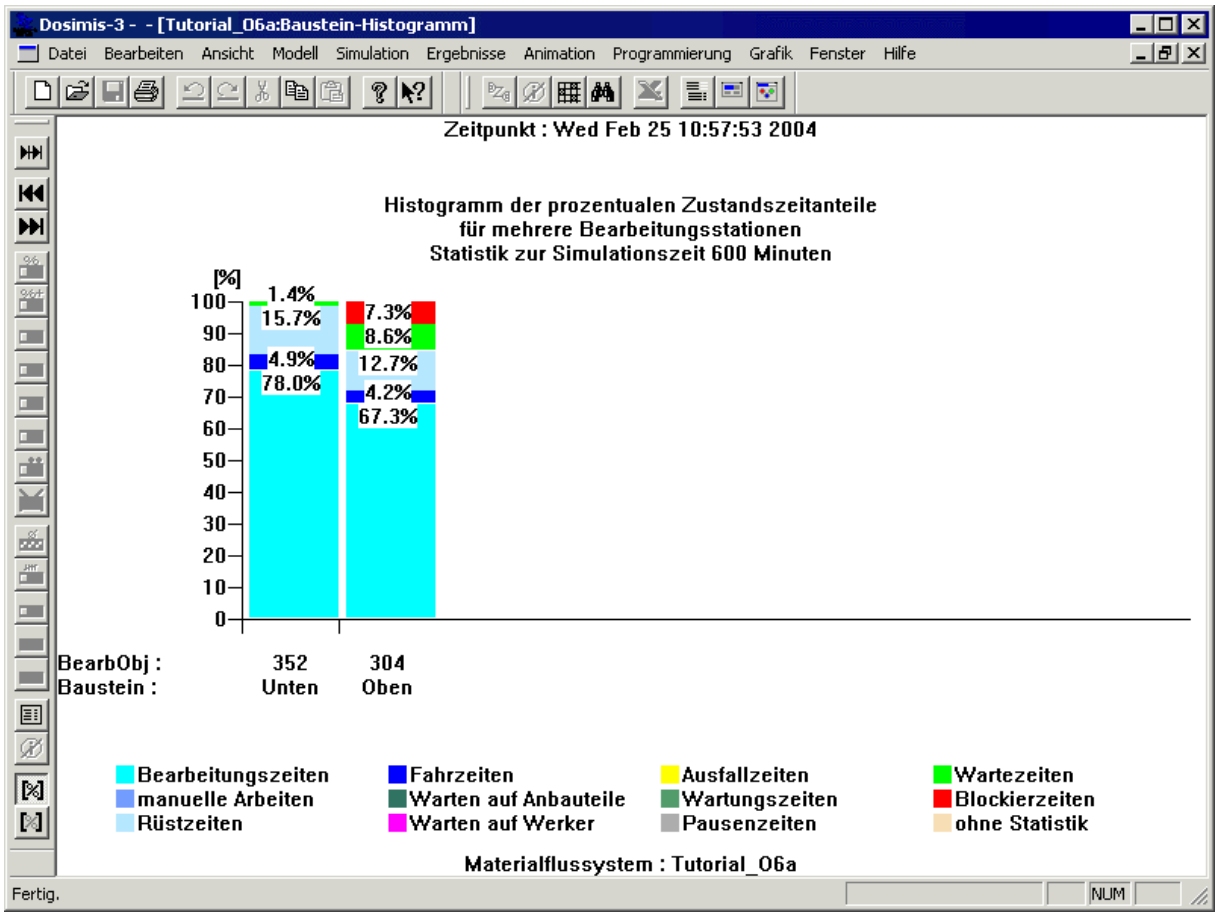


Bild 4.13: Bausteinhistogramm der Arbeitsstationen

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Ursache:

Da die Arbeitsstationen mit der Leistungsfähigkeit praktisch an ihre Grenzen angelangt sind, muß es zwangsläufig zu Rückstauungen kommen. Dies zeigt sich auch deutlich im Diagramm der Pufferbelegung von den Arbeitsstationen - sie laufen im Wechsel immer wieder voll.

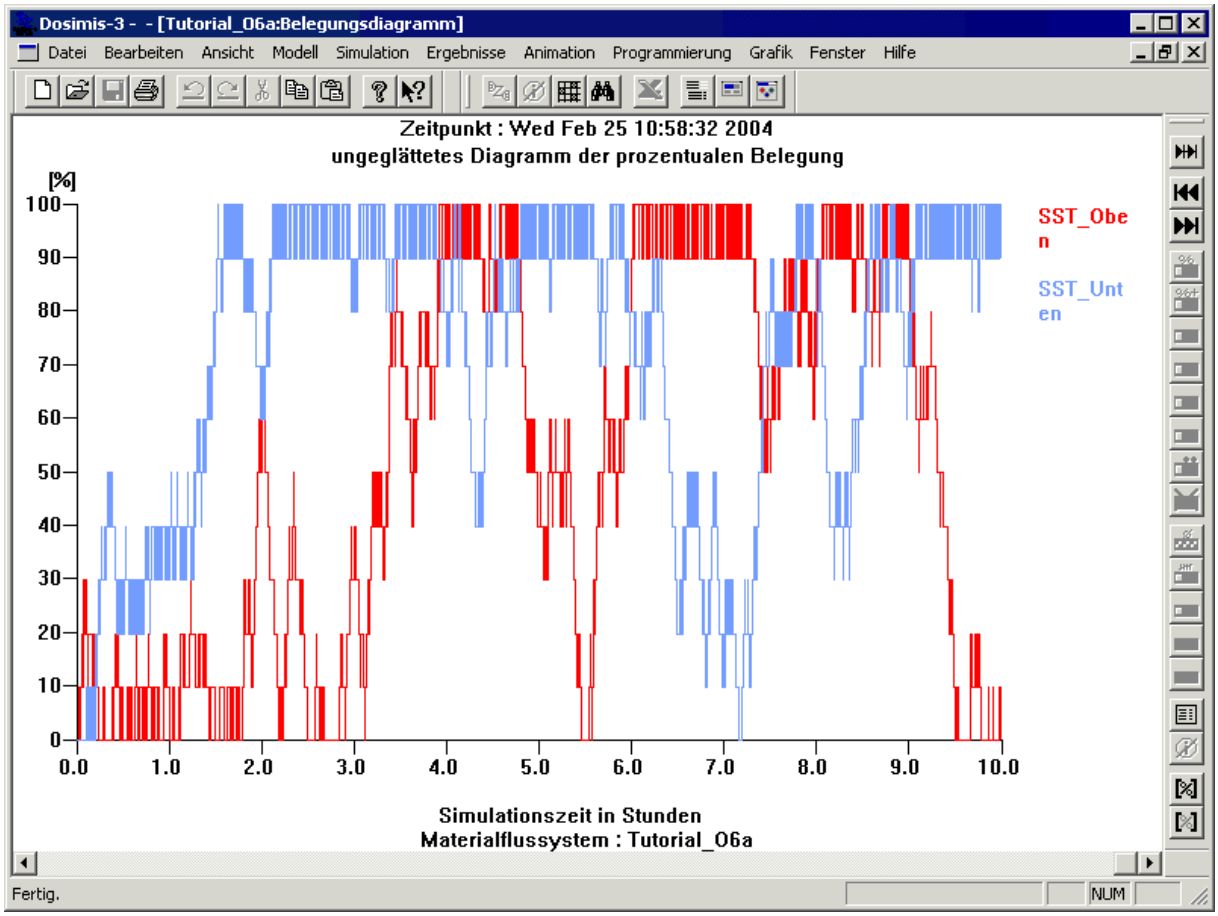


Bild 4.14: Pufferbelegung vor den Arbeitsstationen

Fazit:

Da das System nun ausgereizt ist und da die Arbeitsstationen im Moment den Engpass bilden, bietet sich hier die einzige Möglichkeit, Reserven auszunutzen.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

4.2.7 Schritt 7 - Rüstzeitoptimierung

Maßnahme:

Durch die Vergabe der hohen Priorität für den Rückführstrang im Verteilwagen (Vermeidung des Deadlock in Schritt 1) entsteht indirekt eine Strategie maximaler Rüstzeit. Es ist sinnvoll, die Rüstzeit herabzusetzen. Eine Möglichkeit besteht in der Einführung einer „Losgröße“ in der Rückführung. Dies wird in DOSIMIS-3 durch das Einfügen einer Pulkstrecke im Rückführstrang ermöglicht.

Der vorhandene Puffer der Rückführstrecke mit Kapazität 3 wird ersetzt durch eine Pulkstrecke mit Kapazität 8 und vorgelagertem Puffer mit Kapazität 4.

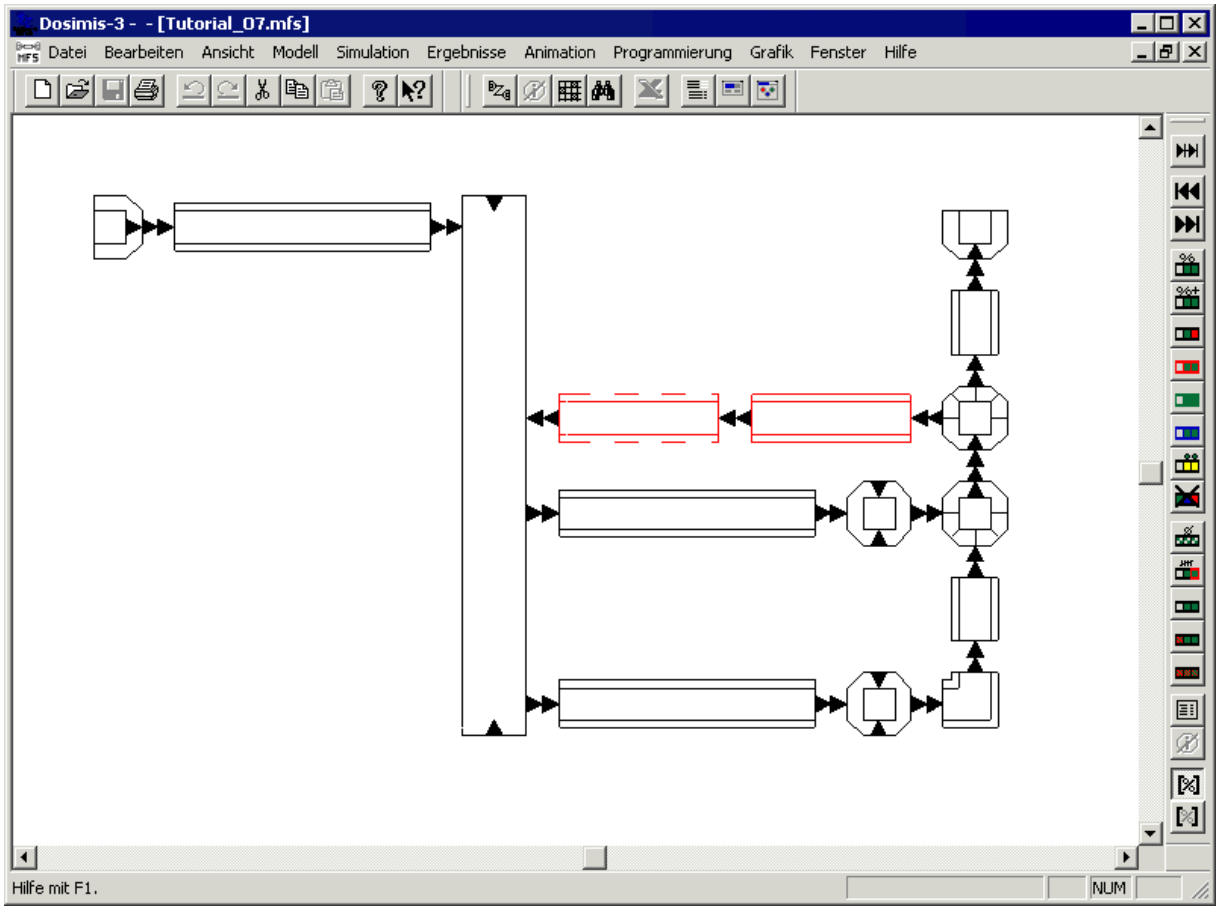

Dosimis-3 - - [Tutorial_07.mfs]
Datei Bearbeiten Ansicht Modell Simulation Ergebnisse Animation Programmierung Grafik Fenster Hilfe
Hilfe mit F1.
NUM

Bild 4.15: Layout mit Pulkstrecke und vorgelagerter Staustrecke

Die Pulkstrecke hat folgende Parameter:
Länge: 8 m
Fördergeschwindigkeit: 0.2 m/sec
Anzahl der Plätze: 8
Mit der Länge wird die Gesamtlänge angegeben, die Fördergeschwindigkeit legt die Entleerungszeit fest.

Zwischen dem Verteilelement und der Pulkstrecke muß noch ein kleiner Puffer (mit Kapazität 4) eingefügt werden. Während des Entleerungsvorganges der Pulkstrecke nimmt sie keine Werkstücke auf - da könnte es erneut zu Deadlocksituationen kommen, die durch die kleine Staustrecke zumindest unwahrscheinlicher werden.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Danach wird ein weiterer Simulationslauf angestoßen.

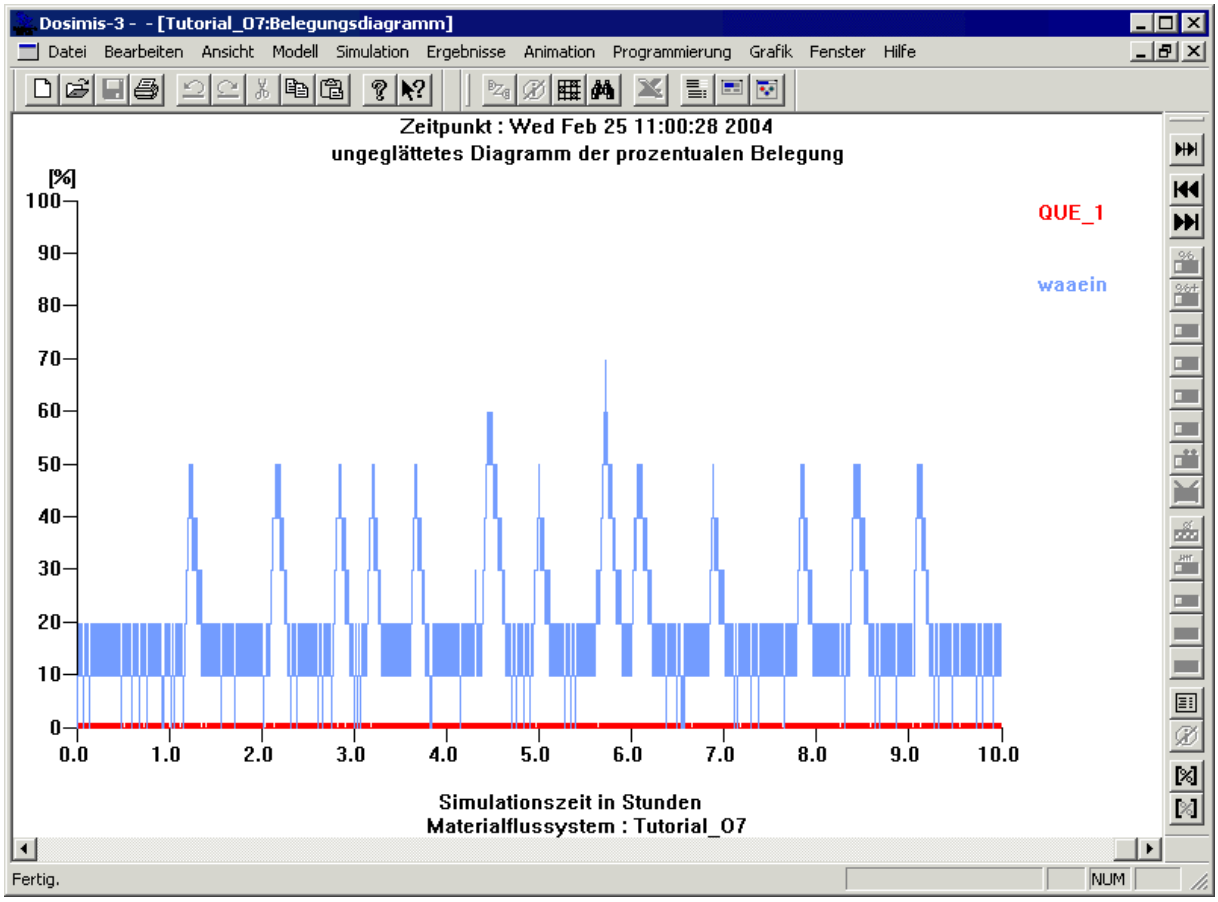


Bild 4.16: Belegungsdiagramm der Quelle und angrenzenden Staustrecke

Es bildet sich kein Rückstau mehr in der Quelle - das System bewältigt die angebotene Last. Allerdings ist das Gesamtsystem mit Puffern überdimensioniert. Der Puffer vor der Senke läuft oft voll.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Ursache:

Nach wie vor ein Problem bildet die Senke. Mit ihrer extremen Zufallsverteilung (der Exponentialverteilung) führt sie immer wieder zu hohen Belastungen im System. Das ist schon im Belegungsdiagramm des Puffers vor der Senke sichtbar.

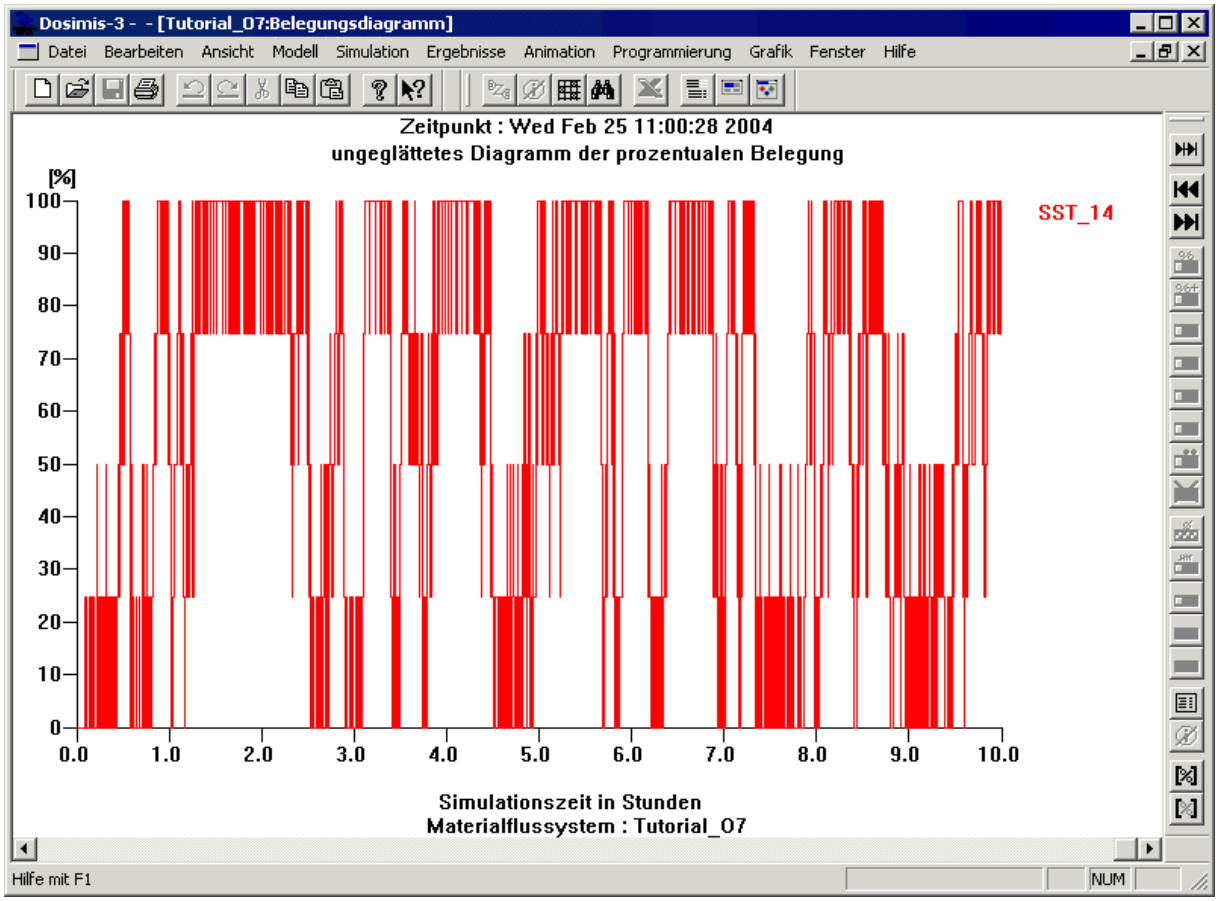


Bild 4.17: Belegungsdiagramm des Puffers vor der Senke

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

4.2.8 Schritt 8 - Entschärfung der Senke

Maßnahme:

Durch organisatorische Maßnahmen im Betrieb (z.B. Vermeidung von Zigarettenpausen, Springerregelungen bei Störungen oder Überlast, zur Seite legen von Problemfällen usw.) muß es möglich sein, die Senke zu einer gleichmäßigen Arbeitsbelastung zu führen.

Daher wird untersucht, wie sich eine Senke mit normalverteilter Annahmezeit verhält. Der Mittelwert von 55 sec bleibt erhalten! Die Streuung soll 5 sec betragen.

Danach wird ein weiterer Simulationslauf angestoßen.

Start:

Belegungsdiagramm der Quelle und der angrenzenden Staustrecke: Die Quelle kann alle ankommenden Paletten abgeben, in der Staustrecke bilden sich gelegentlich kleine Rückstauungen durch die Entleerung der Pulkstrecke.

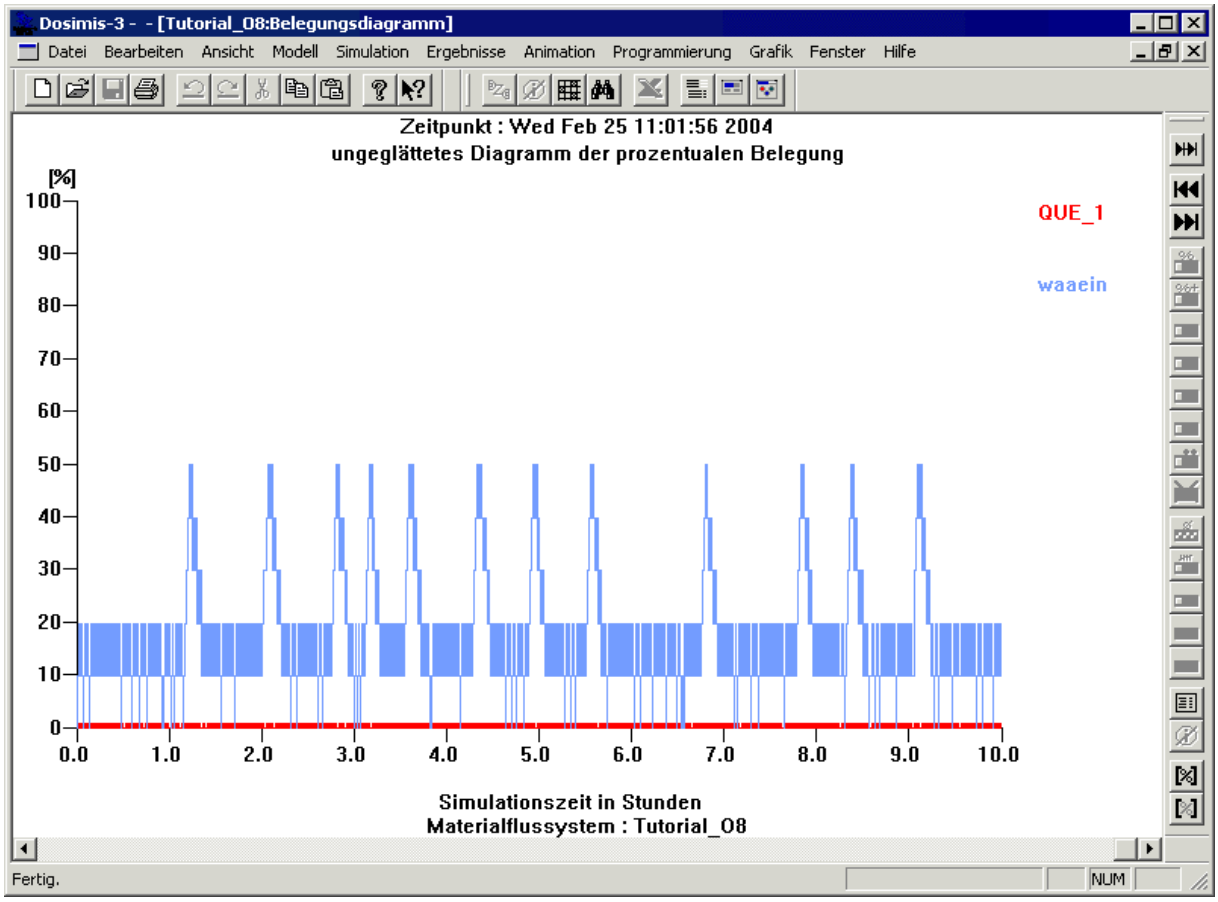


Bild 4.18: Belegungsdiagramm der Quelle und angrenzenden Staustrecke

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Bausteinhistogramm der Arbeitsstation: Es zeigt sich, dass die Rüstzeiten erheblich abgenommen haben und dass sogar wieder Wartezeiten (ca. 15 %) in den Arbeitsstationen zu verzeichnen sind.

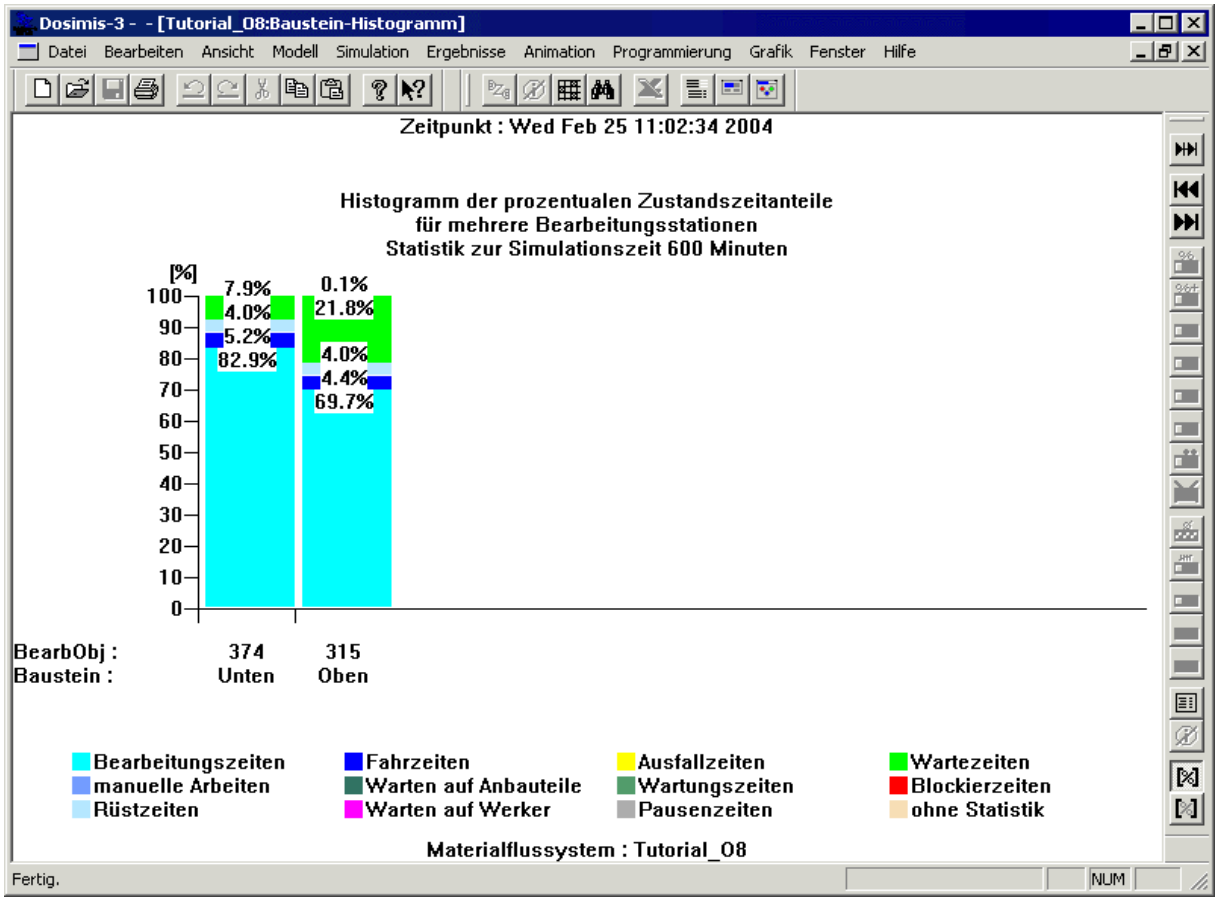


Bild 4.19: Bausteinhistogramm der Arbeitsstationen

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Belegungsdiagramm des Puffers vor der Senke: Dieser Puffer wird kaum noch zu 50 % gefüllt. Relativ selten sind mehr als drei Paletten in den Puffern enthalten.

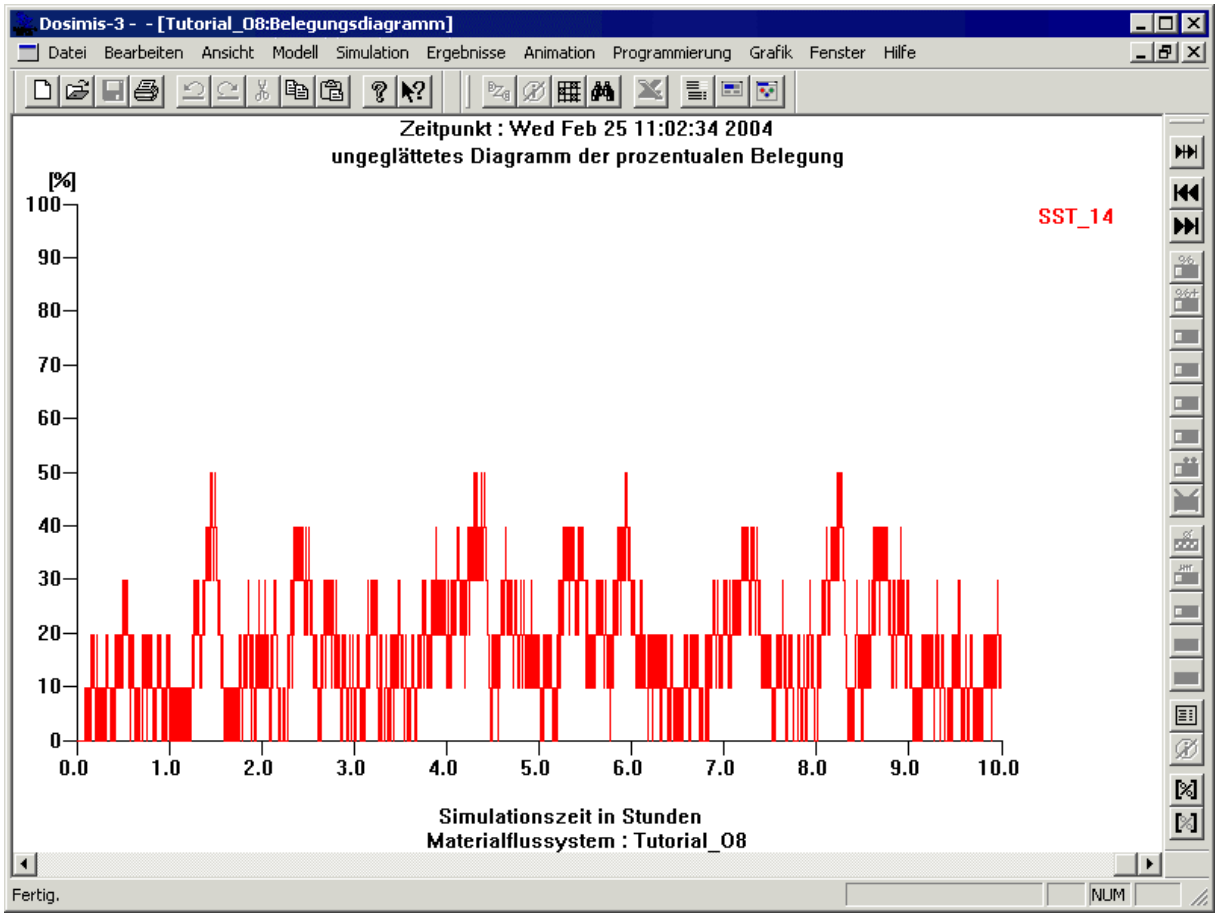


Bild 4.20: Belegungsdiagramm des Puffers vor der Senke

Ursache:

Durch die Veränderung der Dynamik in der Senke (Normalverteilung) braucht man den Puffer kaum noch.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

4.2.9 Schritt 9 - Pufferverkleinerung von der Senke

Maßnahme:

Die Kapazität des Puffers kann auf 2 herabgestuft werden. Selbst wenn es dadurch zu kleinen Stauungen im oberen Arbeitsplatz käme - er hat ja Reserven.

Danach wird ein weiterer Simulationslauf angestoßen.

Start:

Die Belegungsdiagramme der Quelle und der angrenzenden Staustrecke sowie die Bausteinhistogramme der Arbeitsstation zeigen, dass die Reduzierung des Puffers vor der Senke erwartungsgemäß keine nennenswerten Auswirkungen auf das System hat.

Unter dem Menüpunkt „Ergebnisse“ wird als nächstes die Durchlaufzeitstatistik aufgerufen. es werden für die Produkte 1 und 2 zwei Balkengruppen sichtbar. dargestellt wird die minimale, mittlere und maximale Durchlaufzeit der Produkte 1 und 2 - von der Quelle bis zur Senke. Es zeigt sich, dass die Produkte etwa 2 h im System verweilen - der Mittelwert liegt erstaunlich hoch bei etwa 15 - 20 Minuten. Die minimale Durchlaufzeit liegt bei 5 Minuten und entspricht in etwa der Zeit, die viele Seminarteilnehmer schätzen.

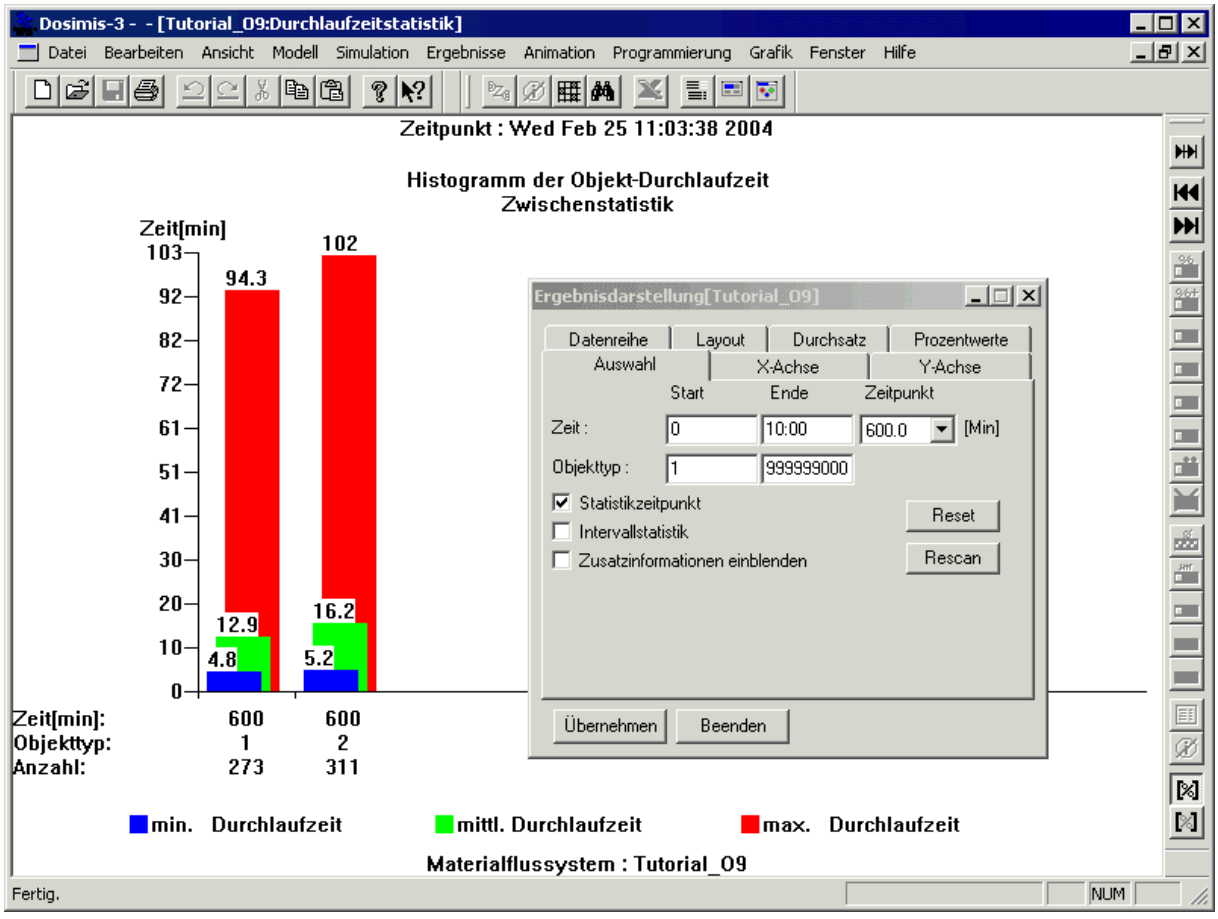


Bild 4.21: Durchlaufzeitendiagramm

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

4.2.10 Schritt 10 - Pufferverkleinerung vor den Arbeitsstationen

Weitere Optimierungen:

Die Ursachen der hohen Pufferbelegungen sind schon in Schritt 9 erläutert worden. Allerdings - wenn diese Pufferänderung keine Auswirkungen auf den Durchsatz hat - wie sieht es denn mit weiteren Reduzierungen aus? Prinzipiell stehen ja mehrere Möglichkeiten offen:

a) Weitere Reduzierungen des Puffers vor der Senke. Die Arbeitsstation könnte durchaus kleinere Blockaden vertragen - sie hat ja immer noch Reserven. Allerdings führen die dann auftretenden Blockaden tatsächlich zu Grenzleistungen, die den geplanten Quellentakt mit einer Minute festschreiben.

b) Reduzierung der Kapazität der Pulkstrecke. Dies entspricht einer Verringerung der Losgröße, d.h. also, dass der Rüstanteil in der Arbeitsstation sich wieder erhöht. Damit wird die Leistungsgrenze des Systems ebenfalls festgeschrieben.

c) Verkleinerung der Puffer vor den Arbeitsstationen. In den Belegungsdiagrammen erkennt man, dass die Puffer gelegentlich vollaufen - aber der Wareneingangspuffer hat ja noch deutliche Reserven.

d) Minimierung des Puffers nach der Quelle. Aus dem entsprechenden Belegungsdiagramm wird sichtbar, dass man etwa 5 Plätze sofort sparen könnte.

Es hängt eben ganz von den Zielen des Unternehmens ab. Die Maßnahmen wirken prinzipiell in die gleiche Richtung - sie reduzieren den Spielraum und die Flexibilität bei Schwankungen in der Quellfrequenz. Die Maßnahmen a), c) und d) wirken sich auf die Investitionskosten aus, die Maßnahme b) wirkt darüber hinaus auch noch auf die Durchlaufzeit.

Maßnahme:

Reduzierung der Puffer vor den Arbeitsstationen von 10 auf 8 Plätze jeweils - die Maßnahme reduziert zunächst den Flächenbedarf in der Produktion.

4.2.11 Schritt 11 - Fabriktuning

Die Überprüfung der Maßnahmen aus Schritt 10 durch die entsprechenden Statistiken zeigt, dass das System die geforderte Leistung erbringt.

Weitere Optimierungen:

Gelegentlich stehen Planer vor der Frage: Wie kann die Leistung des Systems weiter gesteigert werden - gegebenenfalls unter der Veränderung organisatorischer Randbedingungen. Es könnte beispielsweise die Frage gestellt werden, ob die Produktionsleistung um 20 % gesteigert werden kann, wenn gleichzeitig die Nacharbeit an externe Stellen vergeben wird. Dies soll durch eine Simulation geklärt werden.

Maßnahme:

Erhöhung des Takts der Quelle (Ausstoßabstand) und der Senke (Annahmezeit) um 20 %, d.h.:
Quelle:Zeit 48 sec
Senke: Zeit 44 sec

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Im Verteilelement muß die Verteilstrategie geändert werden - alle Objekte verlassen das System über die Senke.
Ausgang 1: Objekte 1, 2, 10, 20
Ausgang 2: Löschen aller Objekte, Eintrag von Objekt „0“

Danach wird ein zweiter Simulationslauf angestoßen.

Fazit

Die Belegungsdiagramme der Quelle und der angrenzenden Staustrecke zeigen, dass die Last bewältigt wird.

Der Aufruf der Durchlaufzeitstatistik bringt eine Überraschung. Die Durchlaufzeiten liegen nun im Mittel bei ca. 8 Minuten - maximal bei 20 Minuten (allerdings ohne Betrachtung der Nacharbeit!).

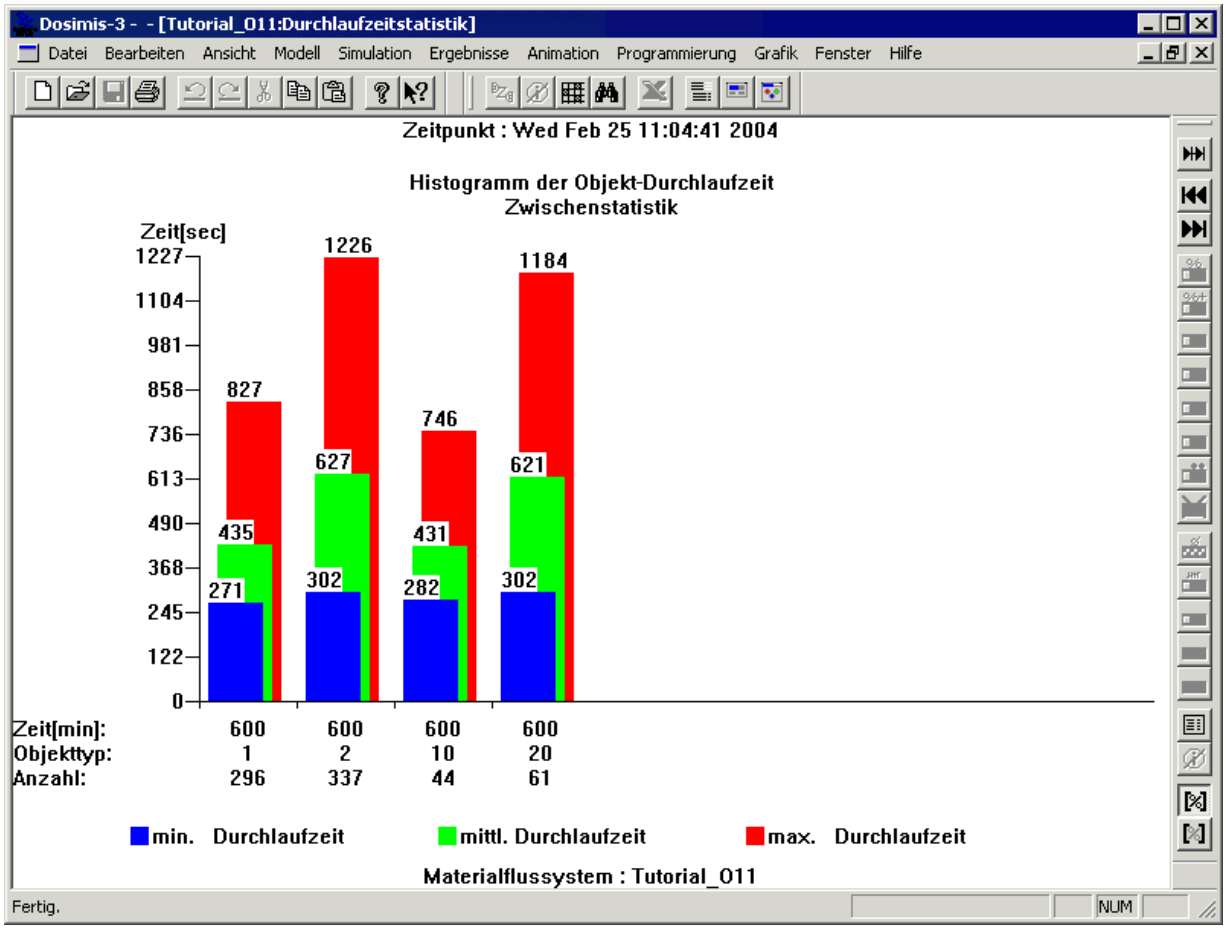


Bild 4.22: Durchlaufzeitendiagramm

Die „kleine“ Losgrößenregel hat also die Durchlaufzeiten in etwa verdreifacht (ohne Berücksichtigung der Nacharbeit) - kleine Maßnahme, große Wirkung.

Viele Produktionssysteme sind größer als dieses Beispiel. Oft werden 500 Bausteine bis hin zu 3000 Bausteinen verwendet - mit einer Vielzahl von Steuerungsregeln (Prioritäten, Sortierungen, Synchronisierungen), deren Auswirkungen kaum noch zu überblicken sind.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

4.3 Ergebnisse der Simulationsstudie

Im Kapitel 2.2.1 wurden Fragen formuliert, die mit Hilfe der Simulation beantwortet werden sollten. Es ergeben sich folgende Aussagen:

- Der Durchsatz von 60 Stück pro h kann erreicht werden, vorausgesetzt, dass die ergriffenen Maßnahmen tatsächlich auch in der Realität durchgeführt werden können. Das ursprünglich zu untersuchende System hat die Systemlast auch nicht annähernd erbracht.
- Das ursprüngliche System hat viele Schwachstellen. Verteilwagen (Steuerung und Leistung), Pufferdimensionierung, Rüstanteile in den Arbeitsplätzen, zu stark schwankende Leistung der Senke.
- Die Arbeitsplätze sind im endgültigen Modell (Schritt 10) bis etwa 90 % ausgelastet.
- Der Verteilwagen hat mit den durchgeführten Modifikationen noch eine Reserve von etwa 20 %.
- Das Verhalten der Senke hat erhebliche Auswirkungen auf die Leistung des Gesamtsystems - organisatorische Maßnahmen sind unabdingbar.

Wie sich das System verhält, wenn auch noch Störungen vorhanden sind, muß in weiteren Studien geklärt werden. Durch die knappe Auslegung der Arbeitsstationen kann vermutet werden, dass das System auf Störungen sehr sensibel reagiert.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

5 Grafische Kommentare

Bei der Modellierung mit DOSIMIS-3 ist kein zeitintensives maßstabgetreues Layout erforderlich, da diese Funktionen über eine entsprechende Parametrierung abgebildet werden.

Der Verzicht auf eine exakte Layoutabbildung ermöglicht eine extrem schnelle Modellierung sowie die bildschirmoptimale Darstellung des zu simulierenden Systems. Als Modellierungs-Hilfen stehen Funktionen wie Zoomen, Kopieren von Bausteinen oder Bausteingruppen und das Einlesen von Teilmodellen aus Bibliotheken zur Verfügung.

Das Layout kann durch freie Texte bzw. Kommentare und mit Hilfe der integrierten Zeichenfunktion individuell ergänzt werden, um das Modell z.B. für Präsentationen anschaulicher zu gestalten.

5.1 Einfügen von Grafikelementen

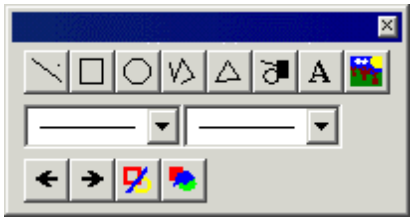


Bild 4.23: Grafikpalette

Über die auf der Grafikpalette verfügbaren Schaltflächen können Sie in einem Modell Grafikelemente erstellen. Klicken Sie auf der Grafikpalette auf eine Schaltfläche, und ziehen Sie, bis das Grafikelement erstellt ist.

5.2 Ändern der Größe eines Grafikelementes

Sie können die Größe eines Grafikelements ändern, indem Sie ihn markieren und anschließend die Ziehpunkte zur Größenänderung auf dem Rand des Positionsrahmens ziehen.

Das Zeichnungsraster ist ein unsichtbares Netz von Linien, das Ihnen hilft, die Grafikelemente auszurichten. Standardmäßig wird das Grafikelement beim Plazieren auf den nächstliegenden Schnittpunkt des Rasters gezogen. Der Standardabstand von Rasterlinien beträgt 12. Sie können jedoch sowohl den vertikalen als auch den horizontalen Abstand zwischen Rasterlinien ändern.

Um die Parameter des Rasters zu ändern bzw. anzuzeigen, wählen Sie aus dem Menü *Bearbeiten* den Befehl *Ausrichten Parameter*.

5.3 Hinzufügen eines Quadrats

Um ein Rechteck zu zeichnen, klicken Sie auf der Grafikpalette auf Rechteck

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Symbol

und dann auf das Modellfenster. Um den Füllbereich zu ändern oder den Konturlinien eine andere Farbe zu geben, können Sie durch einen Doppelklick die Dialogfenster erscheinen lassen.

Markieren Sie das zu ändernde Grafikelement und durch einen Doppelklick auf dem Quadrat erscheint folgendes Dialogfenster.

Bild 4.24 Der Rechteckdialog

Mit Hilfe der Schaltfläche Füllfarbe können Sie die Grafikelemente einfarbig füllen. Mit Hilfe der Schaltfläche Strichfarbe können Sie die Rahmenlinien einfärben.

Die Grafikelemente werden automatisch auf einer Zeichnungsebene gestapelt, wenn sie in einem Modellfenster hinzugefügt werden. Die Stapelreihenfolge ist erkennbar, wenn Objekte sich überschneiden oder gar nicht erscheinen. Sie können einzelne Grafikelemente oder Gruppen von Elementen in einem Stapel verschieben, d.h. Sie können z.B. Objekte innerhalb eines Stapels jeweils eine Zeichnungsebene nach oben oder nach unten verschieben. Um verschiedene Effekte zu erzielen, können Sie Elemente so anordnen, dass sie sich überschneiden und Schatteneffekte erzeugen. Um ein Zeichnungselement in den Vordergrund zu verschieben, können Sie die Tiefe (Z-Order, standardmäßig 50) auf beispielsweise 10 verändern.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

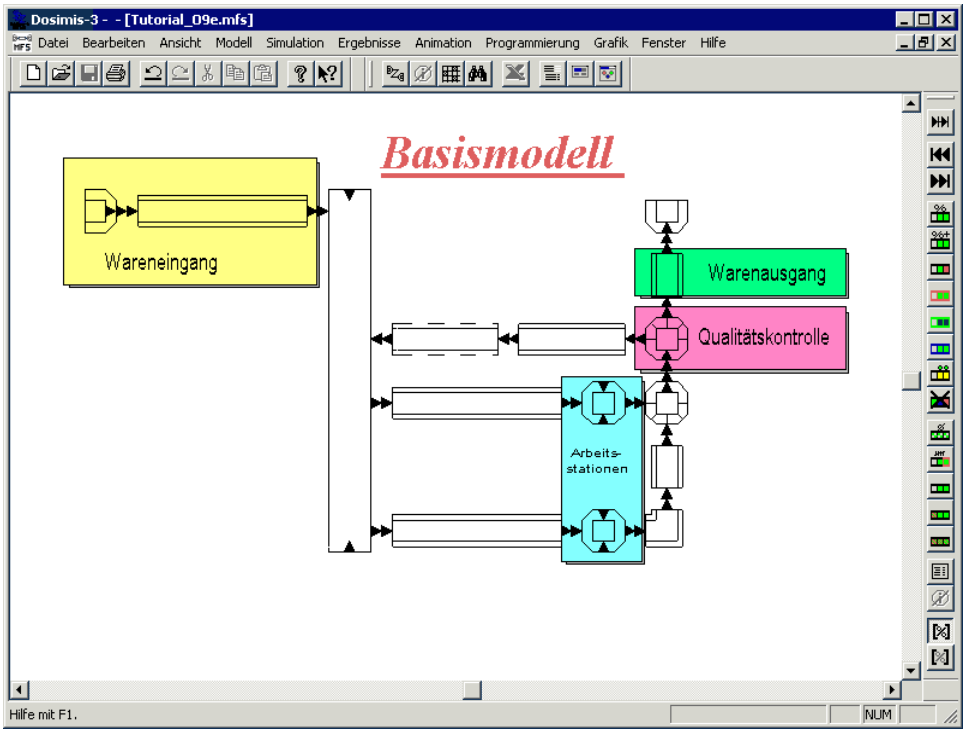


Bild4.25 Vollständiges Layout mit grafischen Kommentaren

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

6 Kurzfassung Daten der Studie

6.1 Parameter des Modells

Quelle:	Die Objektgenerierung erfolgt in zufälliger Reihenfolge	Typ 1 und 2 mit gleicher Häufigkeit (50 : 50)
	Ausstoßverteilung:	normalverteilt, Mittelwert 60 sec, Standardabweichung 5 sec
Staustrecke:	Geschwindigkeit:	0.2 m/sec
	Segmentlänge:	1 m
	Kapazität:	- nach der Quelle: 10 Stück
		- vor den Arbeitsplätzen: 2 Stück
		- nach dem Arbeitsplatz 2: 1 Stück
		(Eckumsetzer - Freiplatzsteuerung)
		- nach dem Eckumsetzer: 4 Stück
		- Rückführungsstrecke: 3 Stück
Verteilwagen:	Beladeweg:	1.1 m
	Entladeweg:	0.1 m
	Be- u. Entladegeschw.:	0.2 m/sec
	Langsamfahrweg:	0.5 m
	Geschwindigk. schnell:	1.0 m/sec
	Geschwindigk. langsam:	0.1 m/sec
	Vorfahrtstrategie:	Priorität für den Wareneingang
	Verteilstrategie:	zielgerichtet
	- Objekttypen:	1,10 Arbeitsstation oben
		2,20 Arbeitsstation unten
	Entfernungsparameter:	- Abstand der Eingänge: 15 m
		- Abstand der Ausgänge: 5 m
		- Abstand Rückführung zum Ausgang
		Arbeitsplatz 1 : 5 m
Arbeitsstation:	Länge:	1 m
	Geschwindigkeit:	0.2 m/sec
	Bearbeitungszeit:	Normalverteilt Mittelwert 80 sec, Streuung 5 sec
	Ausschussanteil:	15 %
	Rüstzeit:	60 sec (bei jedem Typwechsel)
Zusammenfüh-rungselement:	Länge:	1 m
	Fördergeschwindigkeit:	0.2 m/sec
	Vorfahrtstrategie:	FIFO
Verteilelement:	Länge:	1 m
	Fördergeschwindigkeit:	0.2 m/sec
	Verteilstrategie:	zielgerichtet
	- Objekttypen:	1,2 zur Senke,
		10,20 zur Rückführungsstrecke
Senke:	Annahmezeit:	exponentialverteilt, Mittelwert 55 sec

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

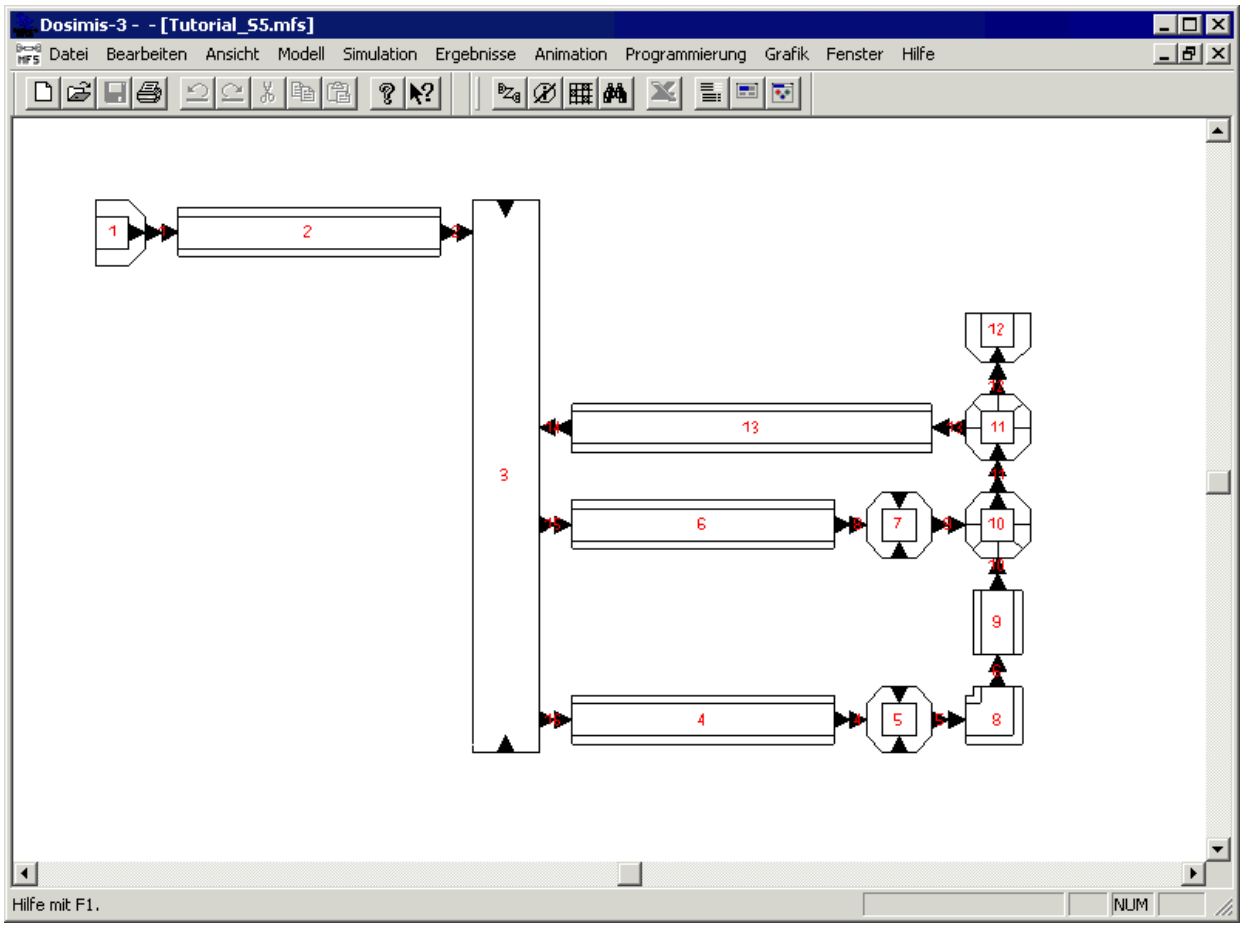


Bild 5.1: Bausteinkapazitäten

Um die Anzeige der Kapazität an- oder abzuschalten, ist der Menüpunkt **Model/Info…/Kapazität** auszuwählen.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

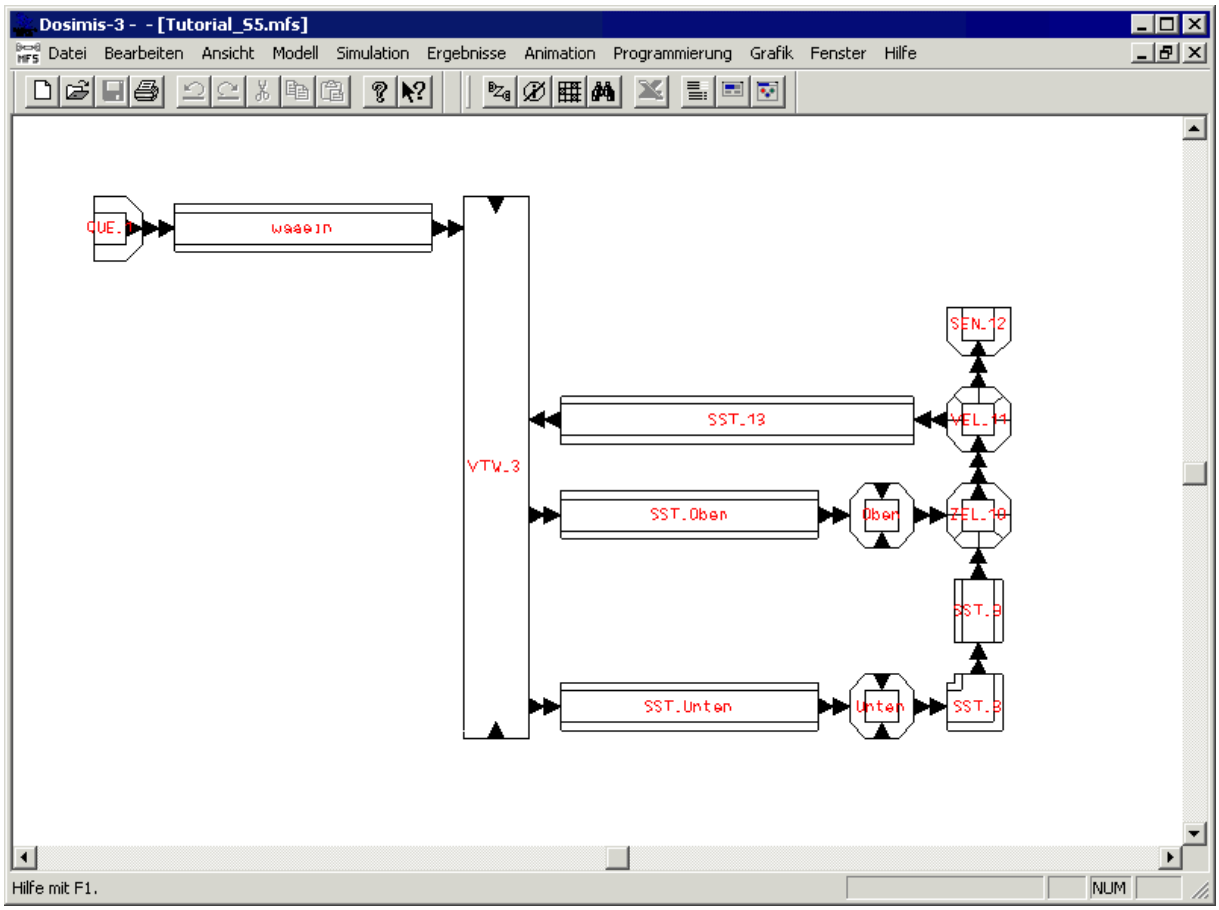


Bild 5.2: Bausteinnamen

Um die Anzeige der Namen an- oder abzuschalten, ist der Menüpunkt **Model/Info…/Namen** auszuwählen.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

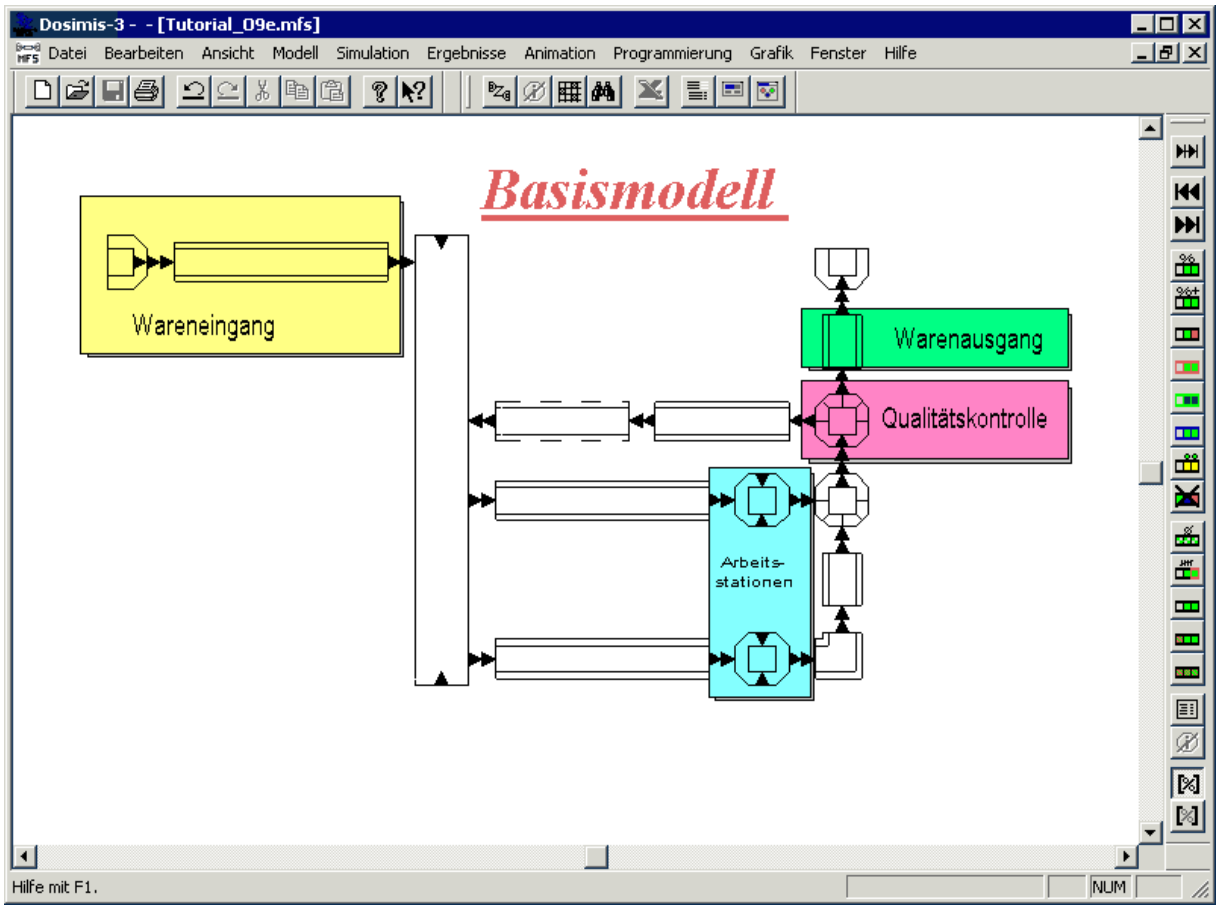


Bild 5.3: Endzustand nach der Optimierung

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

6.2 Zusammenfassung der Simulationsläufe

Schritt	*Charakteristik*	*Maßnahme*
1	Deadlock	Veränderung der Priorität im Verteilwagen. Hohe Priorität für Rückführungsstrecke.
2	Vorsortierung	Vergrößerung des Puffers vor den Arbeitsstationen von 2 auf 4 Stück.
3	Entkopplung	Weitere Vergrößerung des Puffers vor den Arbeitsstationen auf 10 Stück. Entkopplung zwischen Verteilwagen und Arbeitsstationen.
4	Schneller Verteilwagen	Erhöhung der Maximalgeschwindigkeit des Verteilwagens auf 2 m/sec.
5	Bevorzugte Entsorgung	Die Weiche nach der oberen Arbeitsstation bevorzugt die Entsorgung des Materialflusses aus der Arbeitsstation (Priorität 1 für Arbeitsstation).
6	Puffer vor der Senke	Einführung eines Puffers vor der Senke (am besten mit Kapazität 10).
6a	Verl. Simulationsdauer	Verdopplung der Simulationsdauer auf 600 min.
7	Rüstminimierung	Einführung einer Pulkstrecke zur Losbildung im Rückführ-strang (inkl. Vorschaltung einer kleinen Staustrecke).
8	Entschärfung der Senke	Umschaltung von einer exponentialverteilten Annahmezeit auf eine normalverteilte mit gleichem Mittelwert und Streuung (Standardabweichung) von 5 sec.
9	Pufferverkleinerung vor der Senke	Reduzierung des Puffers auf 2 Plätze.
10 a)	Pufferverkleinerung vor den Arbeitsstationen	Reduzierung beider Puffer auf 8 Plätze.
10 b)	Sonstige Maßnahmen	Weitere Pufferverkleinerungen oder Losgrößenreduzierungen.
11	Fabriktuning	Erhöhung der Taktzeiten um 20 % (Quelle 48 sec, Senke 44 sec). Nacharbeit wird zur Senke ausgeschleust.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

7 Einführung Tutorial (Teil 2)

7.1 Aufbau des Tutorials

Mit dem ersten Tutorials soll der Benutzer in die Lage versetzt werden, die vorgesehenen Modelle selbständig aufbauen und die entsprechenden Parameter- und Modellvariationen vornehmen zu können. Das zweite Tutorial gibt einen kurzen Überblick über weitere Funktionalitäten des Simulators sowie besondere Bausteingruppen. Alle Kapitel im Überblick:

1. Aufbau des Tutorials
2. Störungen und Pausen
3. Arbeitsbereiche, Werkerkonzept

Dieses Tutorial soll Ihnen den Einstieg in weiterer Funktionalitäten erleichtern. Sie dürfen jedoch nicht alle Funktionalitäten in Vollständigkeit einzelner angesprochener Themen erwarten. Das Tutorial ersetzt nicht das Benutzerhandbuch. Dies würden den Rahmen des Tutorials sprengen. Benutzerhandbuch/Onlinehilfe und Tutorial können jedoch ausreichen, um ohne Grundschulung den Umgang mit Dosimis-3 zu erlernen.

7.2 Icons

Um Ihnen die Orientierung in diesem Tutorial zu erleichtern, haben wir den Text in bestimmte Abschnitte mit speziellen Funktionen gegliedert und diese durch entsprechende Symbole oder Icons gekennzeichnet. Folgende Icons finden Verwendung:

Beispiele oder Schritte helfen Ihnen, sich schneller im Umfeld Dosimis-3 zu orientieren. Sie werden darum mit diesem Icon gekennzeichnet.

Bitte beachten Sie diese wichtige Hinweise, die mit diesem Icon gekennzeichnet sind.

Achtung, durch dieses Icons wird eine Warnung angezeigt. Die hier beschriebenen Zusammenhänge führen leicht zu Fehlern, Problemen oder Deadlocks.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

8 Störungen und Pausen

8.1 Aufgabenstellung

Im ersten Teil des Tutorials wurde das Modell eines kleinen Produktionssystems erarbeitet. Nun soll in Fortführung dieses Beispiels die Modellierung von Störungen und Pausen erläutert werden.

Im Rahmen des Betriebs wurde festgestellt, dass an den beiden Arbeitsplätzen des öfteren Fehler auftraten, welche den Nutzungsgrad der Stationen auf je 95% reduzierte. Die Aufzeichnungen ergaben ferner, dass die durchschnittliche Ausfallzeit bei 5 Minuten lag. In einer weiteren Analyse soll nun untersucht werden, ob trotz dieses Leistungsverlustes die Anlage den geforderten Durchsatz erbringt.

8.2 Theorie

Im folgenden Kapitel wird Ihnen gezeigt, wie Sie Störungen bzw. Pausen abbilden können. Die Parametrierung von Störungen und Pausen ist vollkommen identisch. Die Unterscheidung dient nur zur getrennten statistischen Erfassung von Stillständen der Komponenten.

Für alle Bausteine bzw. Bausteingruppen können Störungen bzw. Pausen parametriert werden. Diese können als betriebsbedingte Unterbrechungen wie z.B. Betriebspause, Schichtwechsel, Gruppengespräche, Wartung und Reinigung oder als Störungen, d.h. aus unvorhersehbaren Grund, interpretiert werden. Zusätzlich können Ausschuss bzw. Nacharbeit sowie logistische Eigenstörungen einen großen Einfluss auf das System haben. Sie können auch als Störungen abgebildet werden.

Der Störabstand oder störfreie Zeit und die Störduer einer Unterbrechung werden jeweils nach einer auswählbaren Verteilungsart ermittelt. Der Störabstand bezeichnet die Zeitspanne zwischen dem Ende einer Störung und dem Beginn der nächsten Störung. Die Störduer bezeichnet die Dauer einer Störung.

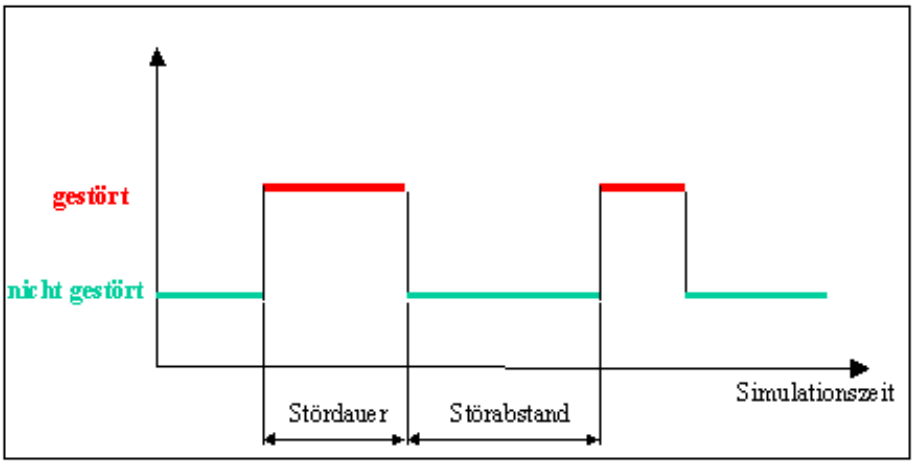


Abbildung 8.1 Störabstand und Störduer

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

So ergibt sich eine Verfügbarkeit von:

$$Verfügbarkeit = \frac{Störabstand}{Störabstand + Stördauer}$$

Abbildung 8.2 Bestimmung der Verfügbarkeit

Die ausfallfreie Zeit (Störabstand) berechnet sich aus der mittleren Störduer und der Verfügbarkeit durch:

$$Störabstand = \frac{Verfügbarkeit \cdot Stördauer}{1 - Verfügbarkeit}$$

Abbildung 8.3 Bestimmung des Störabstandes

Bei einer Verfügbarkeit von 95% und einer Störduer von 5 Minuten ergibt sich ein Störabstand von 95 Minuten

8.3 Einbindung von Störungen in das Modell

Die Arbeitsstation „`oben`“ soll eine Verfügbarkeit von 95% haben. Die Arbeitsstation soll also in unregelmäßigen Abständen gestört werden. Die Störung soll zufällig (stochastisch) und nicht zu festen Zeiten abgebildet werden. Einen Erwartungswert von 5 Minuten bei eingeschwungenem Normalbetrieb gilt als mittlere Störduer. Die Verteilungsform ist eine Negativexponential-Verteilung

Zur Abbildung des Störabstands wird eine Normalverteilung mit 10% Streuung genutzt.

Zuerst wird Ihnen gezeigt wie Störungen bzw. Pausen definiert werden. Modellieren Sie eine „Störung“ wie folgt

- Öffnen Sie das Modell „`tutorial2.mfs`“.
- Speichern Sie das Modell unter neuem Namen „tutorial2S.mfs“
- Klicken Sie auf das Menü **Ansicht\Steuerungspalette** oder drücken Sie die Funktionstasten **Strg+F2**.
- Wählen Sie aus dem Palettenfenster das Symbol der Störung

aus und positionieren es auf der Arbeitsfläche durch ein Klick auf die linke Maustaste.
- Klicken Sie auf das Menü **Modell\Verbinden aktiviert** oder drücken Sie die Taste **F9**. Nun befindet man sich im Verbindungsmodus.
- Zuerst muß das Störungssymbol mit der linken Maustaste selektiert werden. Die Störung wird blau dargestellt. Anschließend wird der zu störende Baustein bzw. Bausteingruppe mit der linken Maustaste selektiert. Dieser wird rot dargestellt.
- Der Verbindungsmodus muß wieder deaktiviert werden.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

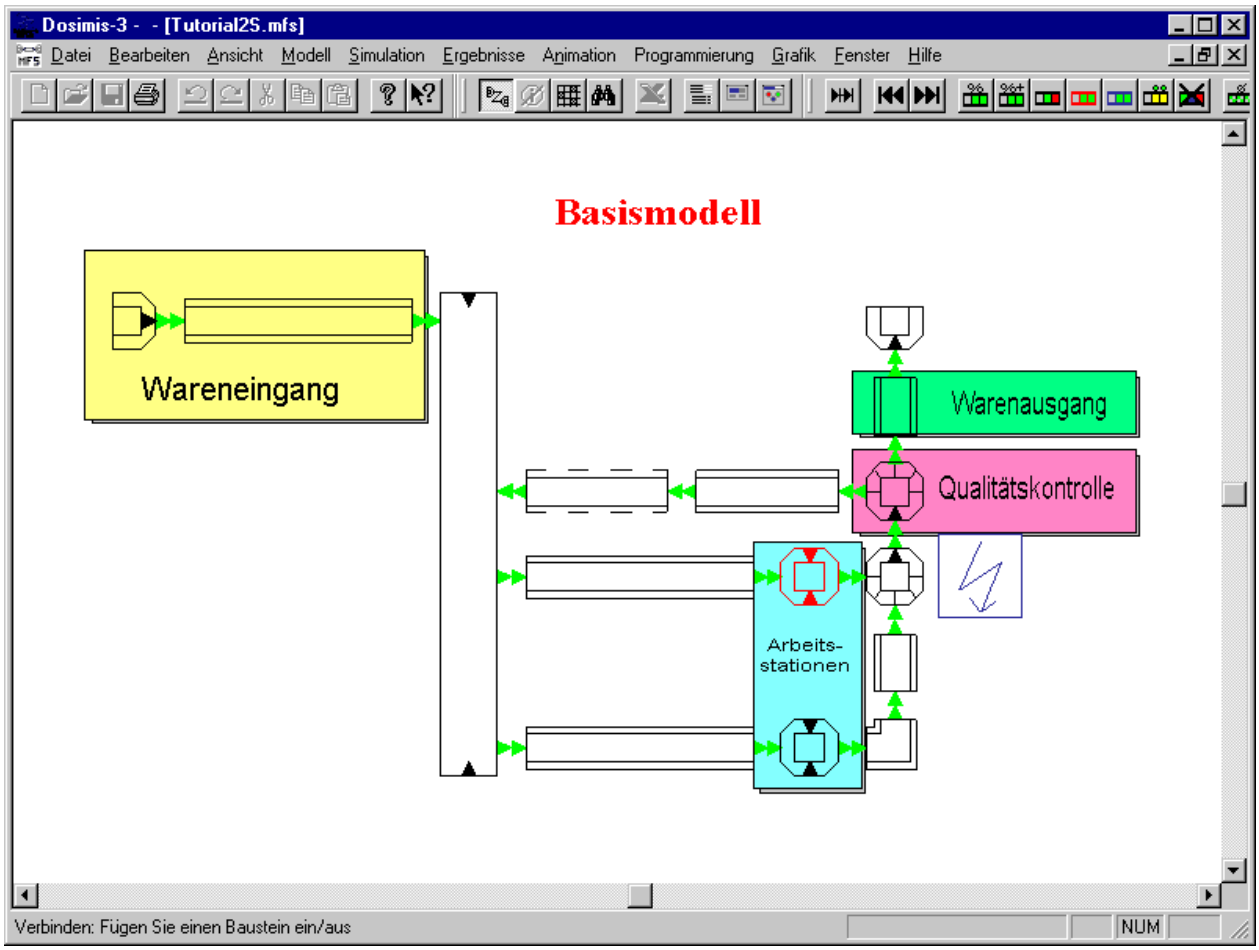


Abbildung 8.4 Anbindung des Bausteins an die Störung

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

8.4 Parametrierung der Störung

Nun können die Parameter der Störung eingegeben werden. Durch einen Doppelklick auf die Störung erscheint folgendes Fenster.

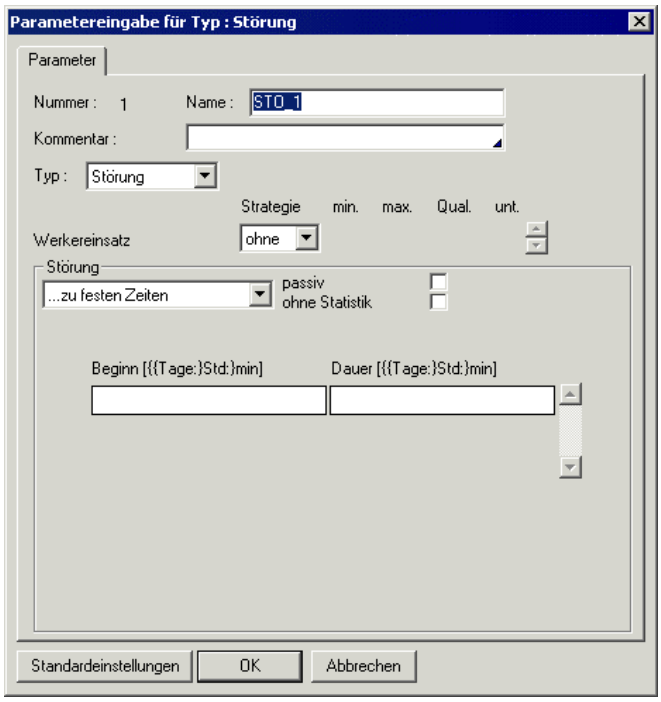


Abbildung 8.5 Parametermaske der Störung/Pause

Die Definition einer Störung/Pause erfolgt durch Wahl des Typs **Störung** oder **Pause**. Es ist kein Werkereinsatz geplant.

- Benennen Sie die Störung in „`st_oben`“ (Voreinstellung STO_1) um.
- Durch einen Klick auf das Auswahlfeld im Bereich Störung werden verschiedene Störalternativen eingeblendet. Wählen Sie **...zufällig.**
- Parameter der Stördauer und -abstand eintragen. Dies sind in diesem Beispiel 5700 Sekunden für den Abstand und 300 Sekunden für die Dauer. Hierbei ist als Zufallsprozess für den Störabstand *Normalverteilt* mit einer Abweichung von 570 Sekunden zu wählen. Als Zufallsprozess für die Stördauer ist *Exponentialverteilt* zu selektieren.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Für die Störung sieht die Parametermaske anschließend folgendermaßen aus:

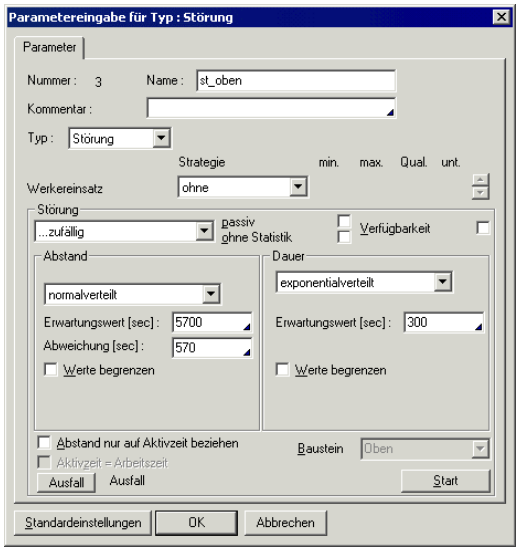


Abbildung 8.6 Vollständig ausgefüllte Parametermaske der Störung

Überprüfung der Störungsparameter durch Betätigung der Schaltfläche „`Ausfall`“ (gilt nur für periodische oder zufällige Störungen).

Die Berechnung des Störabstandes mittels der Verfügbarkeit kann dank DOSIMIS-3 errechnet werden

- Tragen Sie die Parameter der Störduauer ein.
- Geben Sie für den Abstand irgend einen Wert (z.B. 1) ein. Dies ist notwendig, damit eine „vermeintlich“ konsistente Parametermaske vorliegt.
- Aktivieren Sie das Kontrollkästchen Verfügbarkeit, und geben Sie im Feld Verfügbarkeit die gewünschte Verfügbarkeit ein.
- Deaktivieren Sie das Kontrollkästchen Verfügbarkeit. Der Mittelwert des Störabstands wurde errechnet.

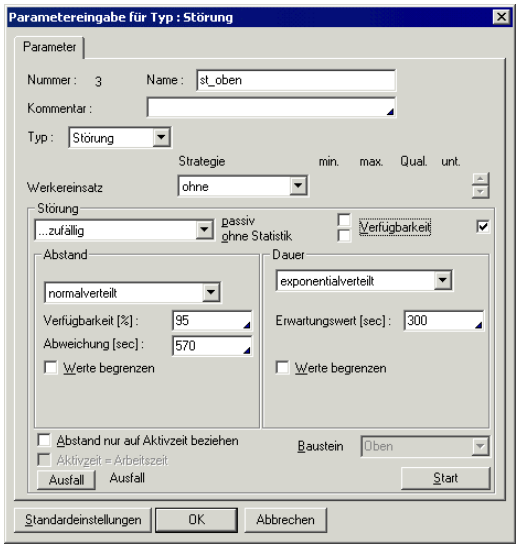


Abbildung 8.7 Bestimmung des Störabstandes mittels der Verfügbarkeit

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

8.5 Analyse der Störungen

Nach durchgeführter Simulation können Sie die Animation starten und das Modell beobachten. Ausgewählt wird über die Animationsleiste der Knopf *Zeittreue Animation* . Die erste Störung tritt nach ca. 1,5 Stunden ein.

Im Störfall wird in der Animation der gestörte Baustein Rot dargestellt.

Wurde eine Pause definiert, dann werden die entsprechende Bausteine blau gekennzeichnet.

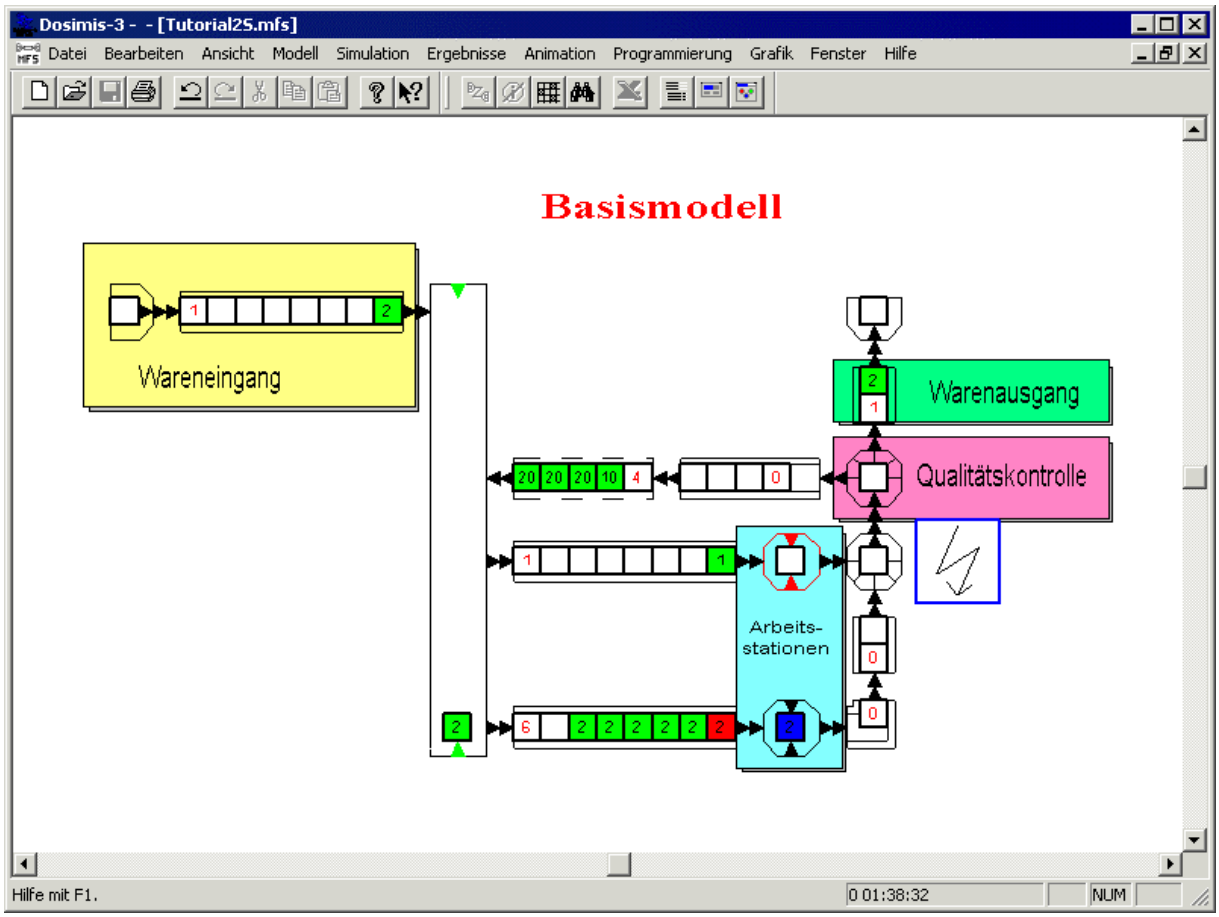


Abbildung 8.8 Animation

Tritt eine Störung ein, werden alle Prozesse der zugeordneten Bausteine unterbrochen. Der Störzustand eines Bausteines kann in den Strategieentscheidungen anderer Bausteine berücksichtigt werden.
Falls eine Störung nach eine Strategieentscheidung (z.B. Verteilstrategie) eintritt, wird diese nicht nachträglich korrigiert, d.h. das Objekt muß so lange warten bis die Störung aufgehoben ist.
Es kann ohne weiteres vorkommen, dass ein Baustein mehreren Störungen zugeordnet wird, dann nämlich wenn der Benutzter auf die oben beschriebene Art zwischen Störungen und Pausen unterscheiden will oder verschiedene Störtypen vorliegen. Diese können überlappen, was mit der Theorie der Zufallsverteilungen

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

im Einklang ist.
Störungen sind unvorhersehbare Unterbrechungen, dagegen sind Pausen geplant. Durch die separate Statistikerfassung kann die Häufigkeit der beiden Unterbrechungen festgestellt werden. Tritt bei einem Baustein gleichzeitig eine Störungen und eine Pause auf, so wird die Überlappungszeit zu Pausenanteil angerechnet.

Im Zustandsdiagramm wird die Auswirkung der Störung deutlich. Nach ca. 100 Minuten tritt die Störung ein. Bis zum Ende dieser Störung finden keine weiteren Aktivitäten statt. Erst nach Störungsende kann wieder ein Objekt einfahren und bearbeitet werden.

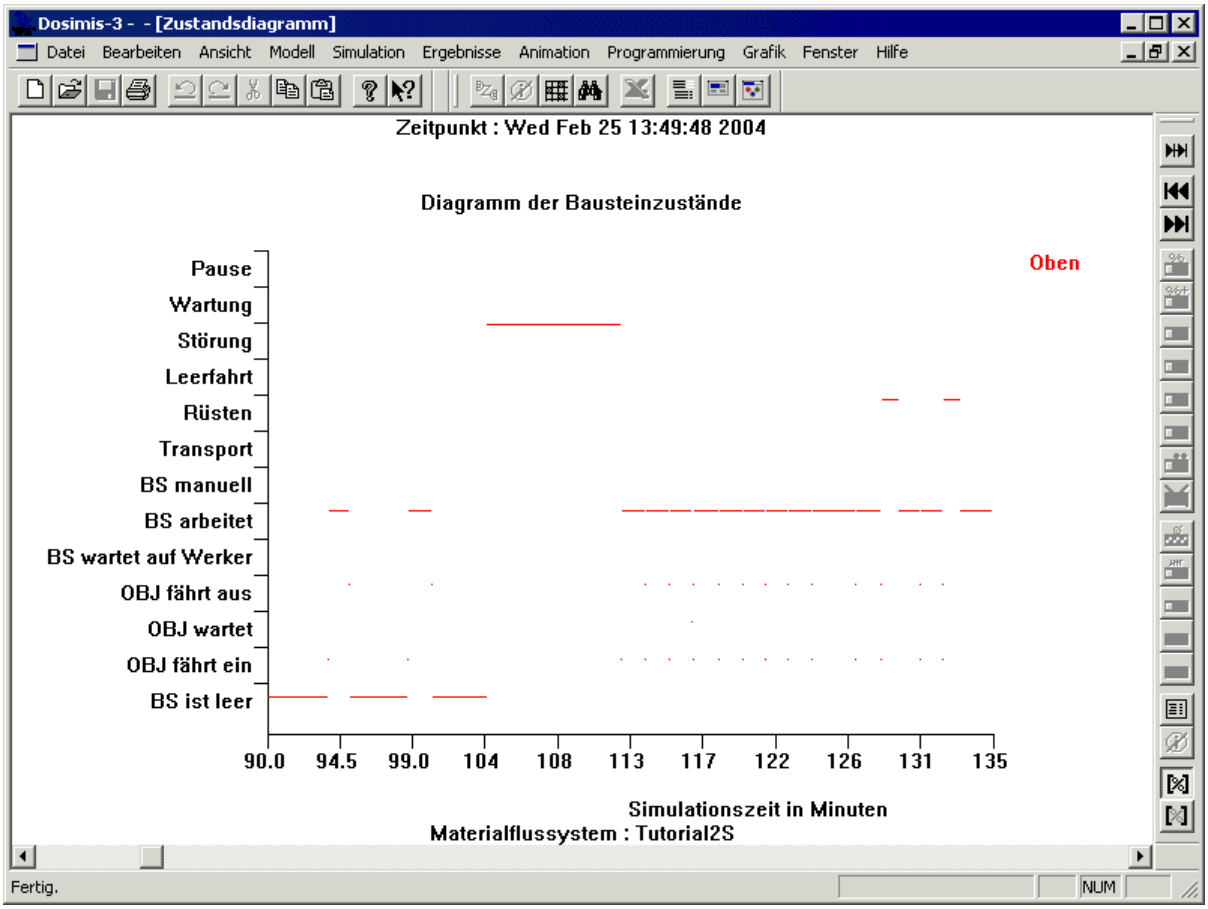


Abbildung 8.9 Zustandsdiagramm

Im Bausteinhistogramm wird nun auch der Störanteil ausgewiesen, der durch die parametrierte Störung im Statistikzeitraum entstanden ist.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

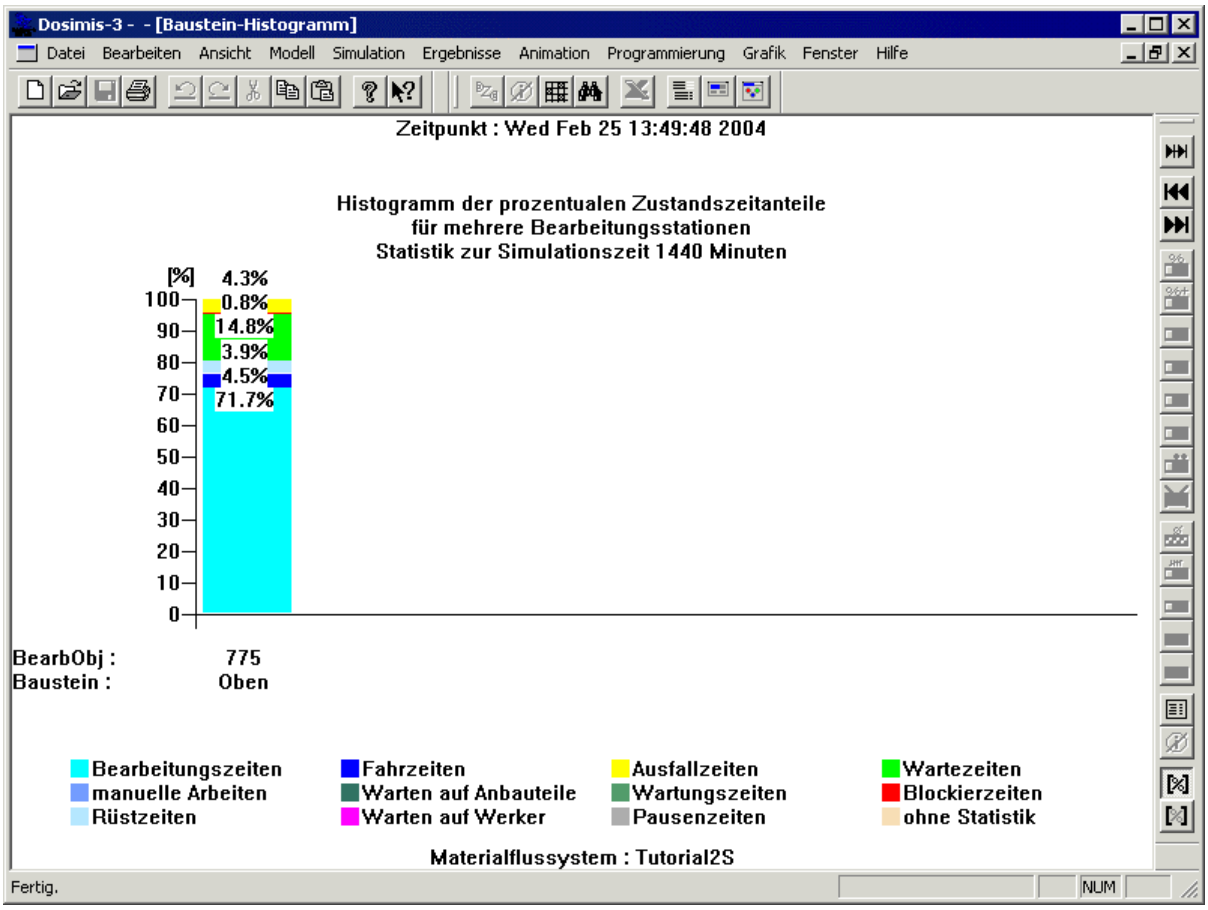


Abbildung 8.10 Bausteinhistogramm

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

8.6 Statistikdatei

Unter dem Menü *Ergebnis/Statistikdaten* können Sie sich die Datei *tutorial2s.slg* ansehen. Ein Editieren oder Kopieren von Bereichen der Datei ist hier nicht möglich.

Die Endstatistik des Materialflußsystems *tutorial2s* liefert einen globalen Überblick über die Simulationsergebnisse. In den Bausteinleistungsgrößen finden sich allgemeine Informationen wie Durchsatz oder Auslastung. Ein störbezogene Statistik der Bausteine findet sich in der Auslastungsstatistik des Bausteintyps. Diese weist an der Arbeitsstation „`Oben`“ einen Störanteil von ca. 4,34% aus

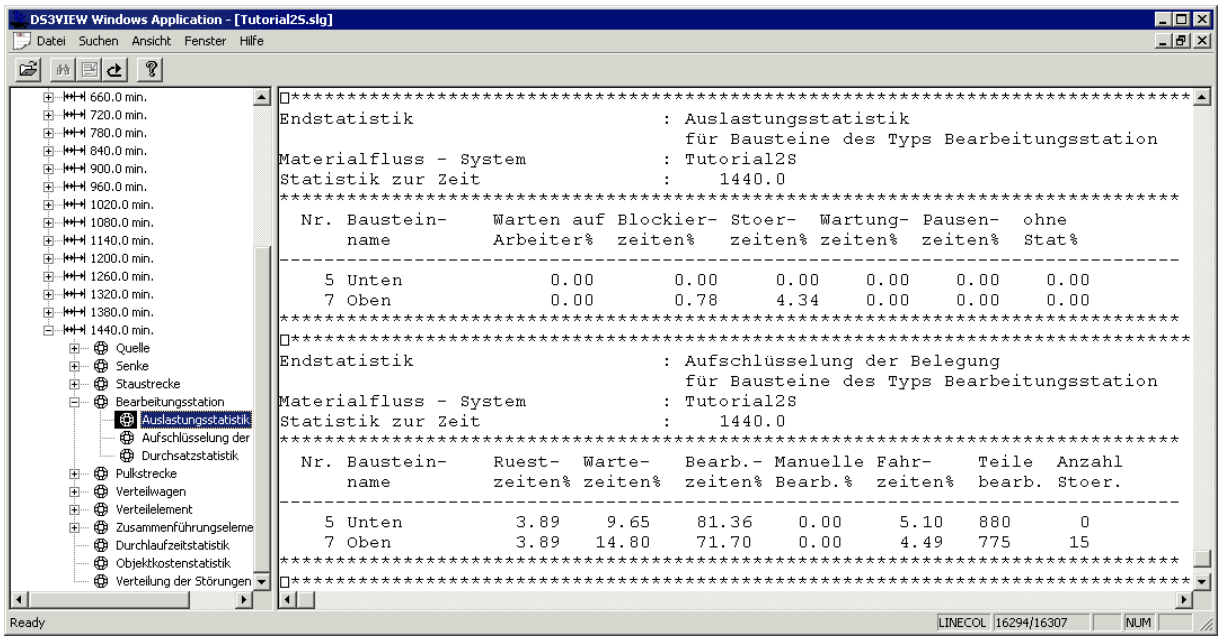

DS3VIEW Windows Application - [Tutorial2S.slg]
Datei Suchen Ansicht Fenster Hilfe
Endstatistik : Auslastungsstatistik
für Bausteine des Typs Bearbeitungsstation
Materialfluss - System : Tutorial2S
Statistik zur Zeit : 1440.0
Nr. Baustein- name Warten auf Arbeiter% Blockier- zeiten% Stoer- zeiten% Wartung- zeiten% Pausen- zeiten% ohne Stat%
5 Unten 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
7 Oben 0.00 0.78 4.34 0.00 0.00 0.00
Endstatistik : Aufschlüsselung der Belegung
für Bausteine des Typs Bearbeitungsstation
Materialfluss - System : Tutorial2S
Statistik zur Zeit : 1440.0
Nr. Baustein- name Ruest- zeiten% Warte- zeiten% Bearb.- zeiten% Manuelle Bearb.% Fahr- zeiten% Teile bearb. Anzahl Stoer.
5 Unten 3.89 9.65 81.36 0.00 5.10 880 0
7 Oben 3.89 14.80 71.70 0.00 4.49 775 15
Ready

Abbildung 8.11 Endstatistik (Auslastung Bearbeitungsstationen)

Am Ende der Statistikliste wird für alle Störungen und Pausen eine Statistik über die Verteilung der Dauer und Abstand erstellt. Für die Störung „`st_oben`“ ergibt sich folgende Ergebnisse.

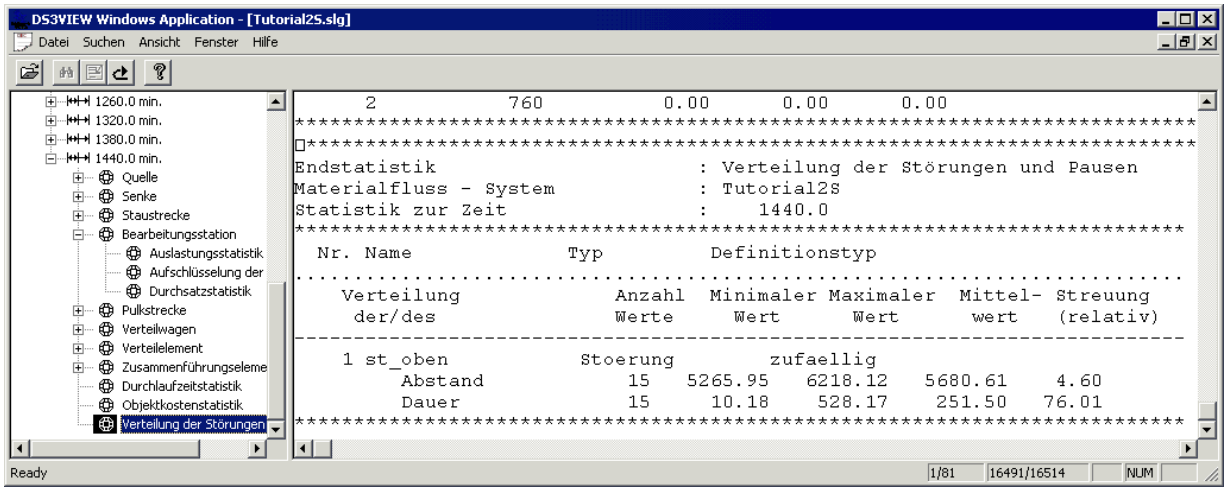

DS3VIEW Windows Application - [Tutorial2S.slg]
Datei Suchen Ansicht Fenster Hilfe
2 760 0.00 0.00 0.00
Endstatistik : Verteilung der Störungen und Pausen
Materialfluss - System : Tutorial2S
Statistik zur Zeit : 1440.0
Nr. Name Typ Definitionstyp
Verteilung der/des Anzahl Werte Minimaler Wert Maximaler Wert Mittel- wert Streuung (relativ)
1 st_oben Stoerung zufaellig
Abstand 15 5265.95 6218.12 5680.61 4.60
Dauer 15 10.18 528.17 251.50 76.01
Ready

Abbildung 8.12 Endstatistik (Störungen)

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Die Analyse der definierten Störung zeigt jedoch ein gravierendes Problem. Trotz der Parametrierung von 5% Störung hat sich in der Simulation ein Störverhalten von 4.34% eingestellt. Der Grund dafür ist in der Anzahl der Störungen zu finden, die sich während des Simulationszeitraums eingestellt haben. Im Laufe des Tages traten 15 Störungen auf. Dies ist bei der vorgegebenen Verteilungsfunktion für den Abstand zu wenig. "Gutmütige" Verteilungen (getaktet, gleichverteilt, normalverteilt) erreichen recht schnell den Mittelwert, da im besten Fall schon nach zweimal Würfeln dieser erreicht werden kann. Für die Negativexponential-Verteilung müssen jedoch mehrerer Würfelvorgängen vorgenommen werden. Der Maximalwert ist im Beispiel 528 Sekunden bei einem Mittelwert von 300 Sekunden. Wenn dieser Wert gewürfelt wurde, muß mindestens zwei weitere mal gewürfelt werden, damit der Mittelwert wieder erreicht wird. Und diese Werte müssen dann im Mittel 186 Sekunden sein. Diese Werte können je nach Initialisierung des Zufallsprozesses noch erheblich stärker vom Erwartungswert abweichen. Ein Richtwert für die Anzahl der Ereignisse bei solchen Verteilungen ist mindestens 50. Daher ist im Beispiel die Simulationsdauer zu erhöhen. Um sicher zu gehen wird der Wert auf 7 Wochen bei einem Statistikintervall von einem Tag gesetzt. Zusätzlich wird die Vorlaufzeit auf einen Tag gesetzt.

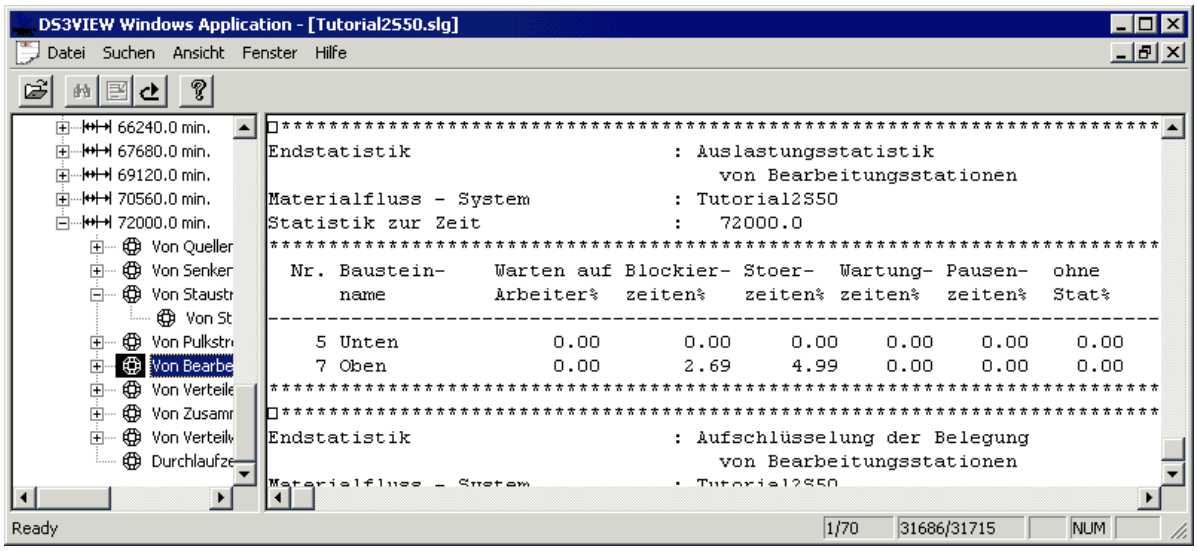


Abbildung 8.13 Endstatistik (Auslastung Bearbeitungsstationen)

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Die Analyse der Störung ergibt nun ein Störverhalten von 4.99%. Hierzu sind 705 Ereignisse herangezogen worden.

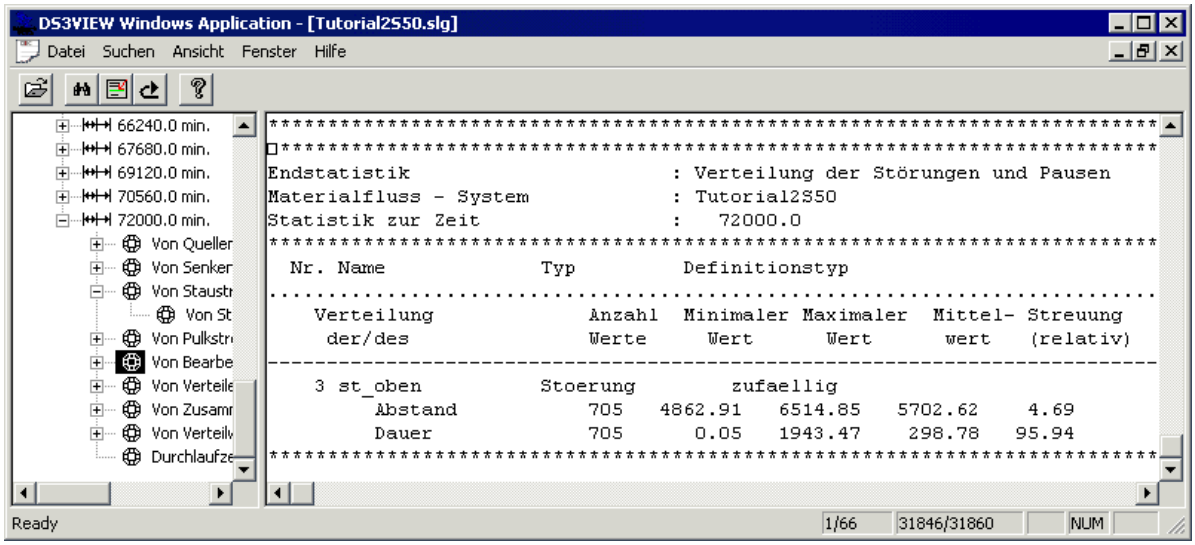


Abbildung 8.14 Endstatistik (Störungen)

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

8.7 Aufgabe

Die Arbeitsstation „Unten“ soll ebenfalls gestört werden.

- Markieren Sie die Störung, die Sie kopieren möchten.
- Kopieren Sie diese Störung und verschieben Sie diese an die gewünschte Position.
- Doppelklicken Sie auf die neue platzierte Störung.
- Geben Sie im Feld **Name** „`st_unten`“, und klicken Sie dann auf OK.
- Drücken Sie die Taste **F9** und selektieren Sie Baustein „`st_unten`“.
- Deselektieren Sie die Arbeitsstation „`Oben`“.
- Selektieren Sie die Arbeitsstation „`Unten`“.
- Drücken Sie wieder die Taste **F9**, um den Verbindemodus zu beenden.

Klicken Sie auf das Menü **Modell\Info...\Verbindungen** oder drücken Sie **UMSCHALT+RECHTE MAUSTASTE**, um alle Verbindungen im aktuellen Modell darzustellen. Um nur die Verbindungen der neuen Störung „`st_unten`“ anzuzeigen, klicken Sie auf die Störung „`st_unten`“

Um die Verbindungen auszublenden, klicken Sie wieder auf das Menü **Modell \Info...\Verbindungen** oder klicken Sie auf (Symbolleiste der Modellierung).

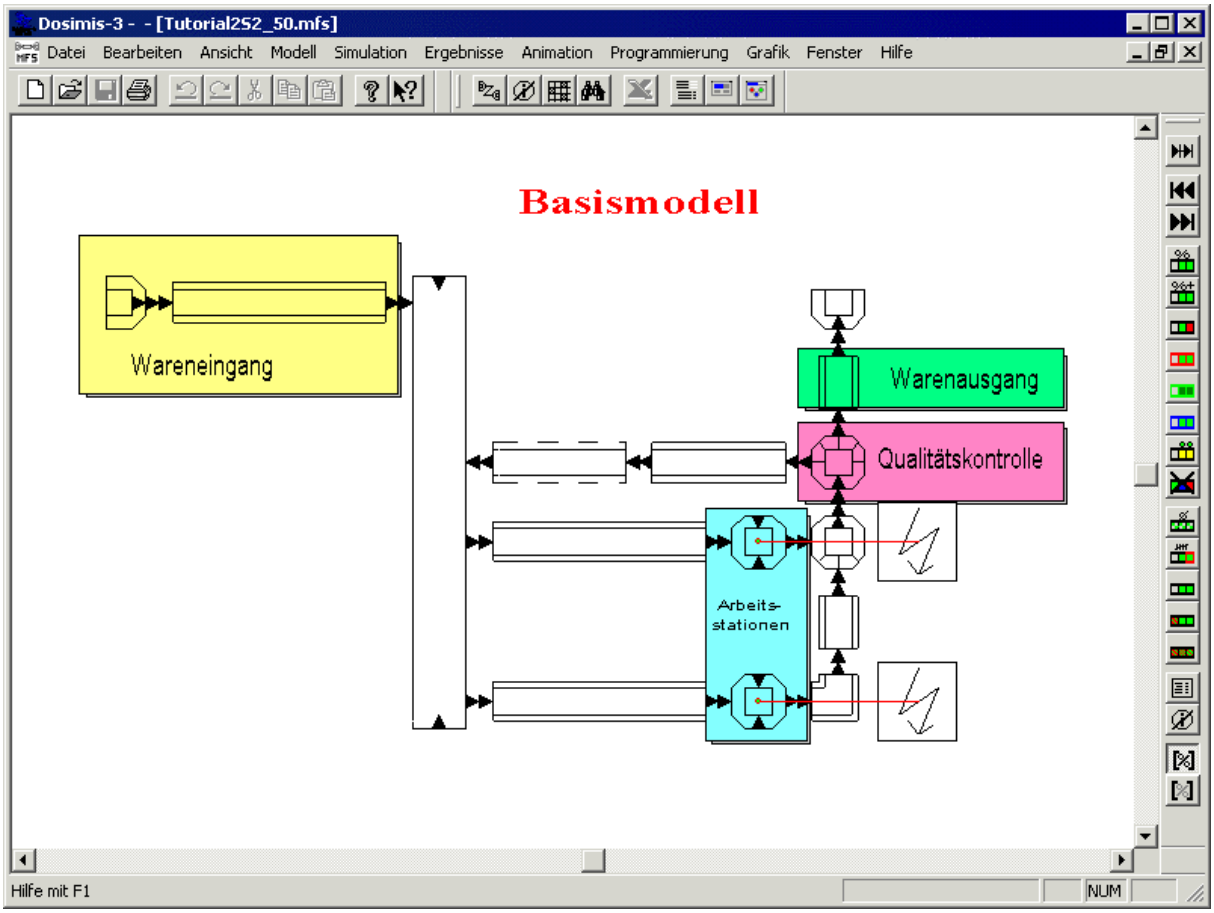


Abbildung 8.15 Verbindungen

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

8.8 Schichtmodelle

Zur Analyse großer Zeiträume ist es oft sinnvoll, diese auch entsprechend des Schichtmodells zu parametrieren. Dann kann der Zeitpunkt eines Effektes recht einfach bestimmt werden, ohne das Schichtmodell und die Wochenenden aus dem Simulationszeitpunkt heraus bestimmen zu müssen.

In diesem Beispiel soll nun die Anlage für einen Zweischichtbetrieb an 5 Tagen in der Woche parametriert werden. Ferner sollen auch alle Pausen des Tages im Modell Berücksichtigung finden. In den Tagespausen laufen die Fördertechnik und die Senke weiter, während Quelle, Arbeitsstationen und die Qualitätssicherung stehen. Außerhalb der Schichtzeiten sollen alle Komponenten abgeschaltet werden.

Das Schichtmodell sieht wie folgt aus:
Pausen: 9:00-9:15; 12:00-12:30; 16:00-16:15 und 19:00-19:30
Tagesarbeitszeit: 6:00-22:00; freitags nur 6:00-16:30

Zum besseren Verständnis sollte ein Referenzzeitpunkt festgelegt werden, der dem Zeitpunkt 0 der Simulation entspricht. Dies soll in diesem Beispiel Montag 0:00 Uhr sein. Dies erleichtert die Festlegung der Zeitpunkte.

Es werden zusätzlich 3 Störungen/Pausen definiert. Die erste bildet das Tagespausenmodell ab. Es wird eine periodische Pause definiert, welche sich jeden Tag wiederholt. In der Liste der Störzeiten sind relativ zum Periodenbeginn die Pausenzeiten einzutragen. Diese entsprechen, da der Periodenbeginn 0:00 Uhr ist, genau den gewohnten Zeiten. Zu beachten ist jedoch, dass die Dauer und nicht der Zeitpunkt des Pausenendes anzugeben ist. Diese Pause betrifft nur die Arbeitselemente des Modells, das heißt, nur diese sind mit der Pause zu verbinden.

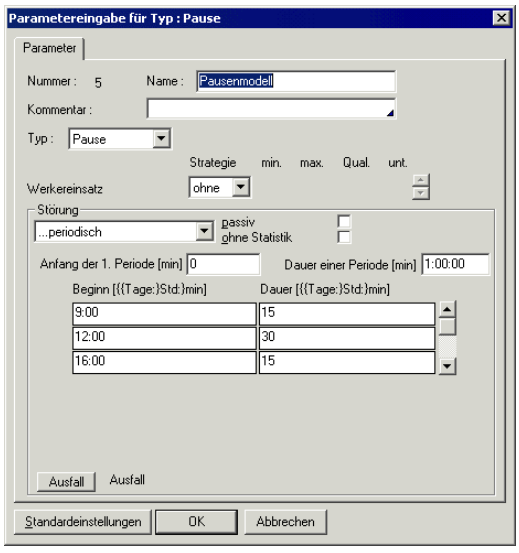


Abbildung 8.16 Pausenmodell

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Die zweite Pause ist wiederum periodisch. Da diese jedoch das Tagesmodell abbildet, sind nur die 6 Stunden von 0:00 - 6:00 und die 2 Stunden von 22:00 bis 24:00 zu definieren, an denen die Anlage nicht läuft. Alle Bausteine des Modells sind hiermit zu verbinden.

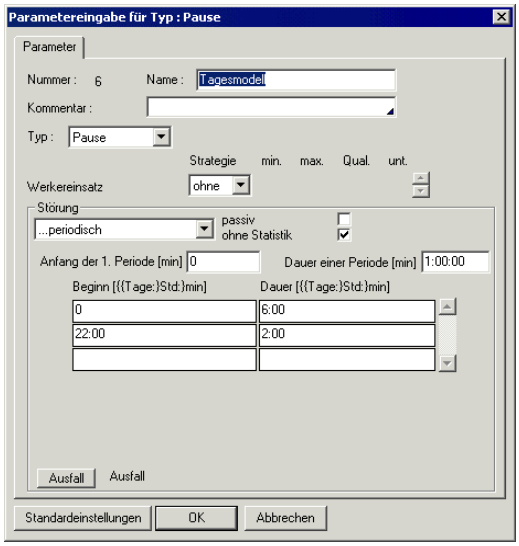


Abbildung 8.17 Tagesschichtmodell

Die dritte Pause ist eine periodische Pause, die sich jedoch über einen Zeitraum von 7 Tagen erstreckt. Hier sind nur die Zeiten ab dem 4-ten Tag, 16:30 Uhr bis zum Ende der Periode zu definieren. Da der 0-te Tag der Montag ist, entspricht also der 4-te Tag dem Freitag. Alle Bausteine des Modells sind hiermit zu verbinden.

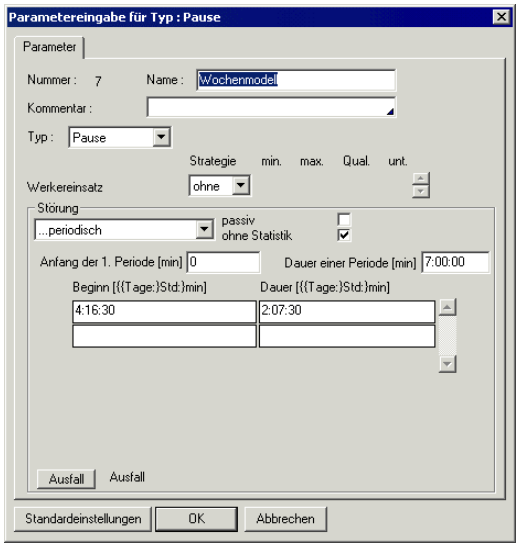


Abbildung 8.18 Wochenschichtmodell

Nach Durchführung der Simulation soll diese nun analysiert werden. Da der Zeitraum 50 Tage entspricht, sollte nun nicht mehr Minuten als Statistikzeitpunkt in den Ergebnisgrafiken erscheinen, sondern eine gröbere Einheiten. Hierzu kann in den Ergebnisparametern im Bereich X-Achse die Darstellung in das Format *Tage:Stunden:Minuten* ([TT:SS:MM]) umgestellt werden.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

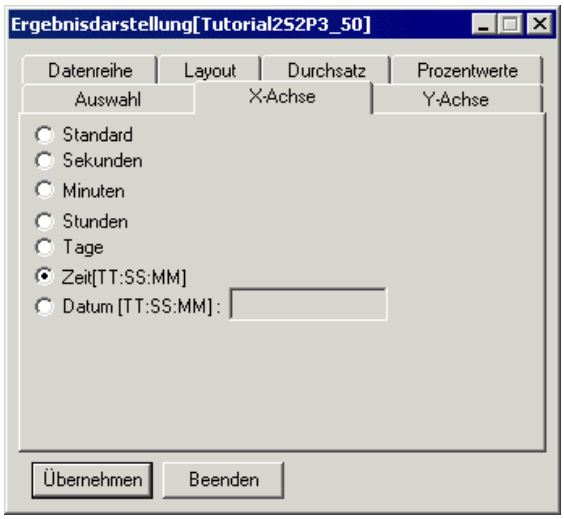


Abbildung 8.19 Ergebnisparameter

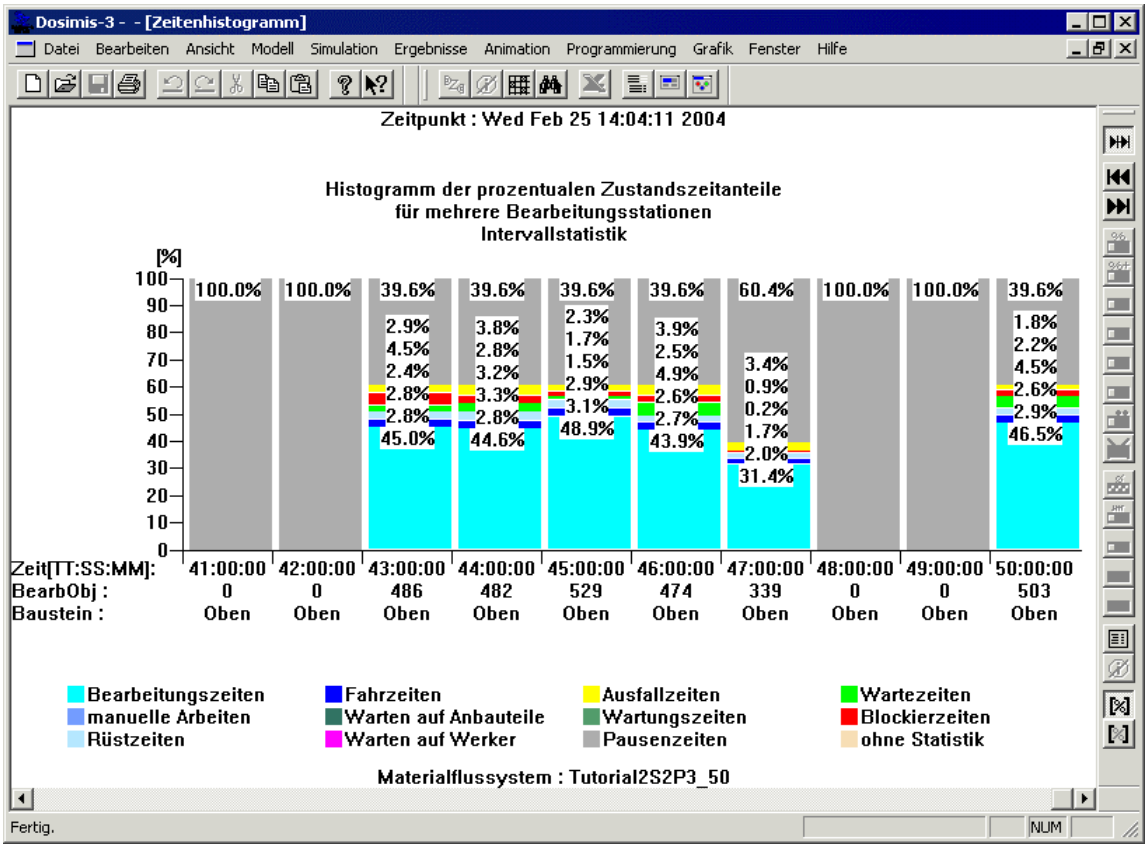


Abbildung 8.20 Statistik mit Schichtmodell

Ärgerlich ist, dass bei dem betrachteten Zeitraum doch recht viele Pausen liegen, so dass diese einen großen Anteil haben. Um diese herauszurechnen gibt es die Möglichkeit, die betreffenden Zeiträume zu filtern.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

8.9 Filtern von Störungen und Pausen aus der Statistik

Sie können in einem Modell Störung bzw. Pausen aus der Statistik filtern.
Doppelklicken Sie auf die zu filternden Störung.
Aktivieren Sie das Kontrollkästchen **ohne Statistik**.
Schließen Sie die Störungen und starten Sie erneut die Simulation.

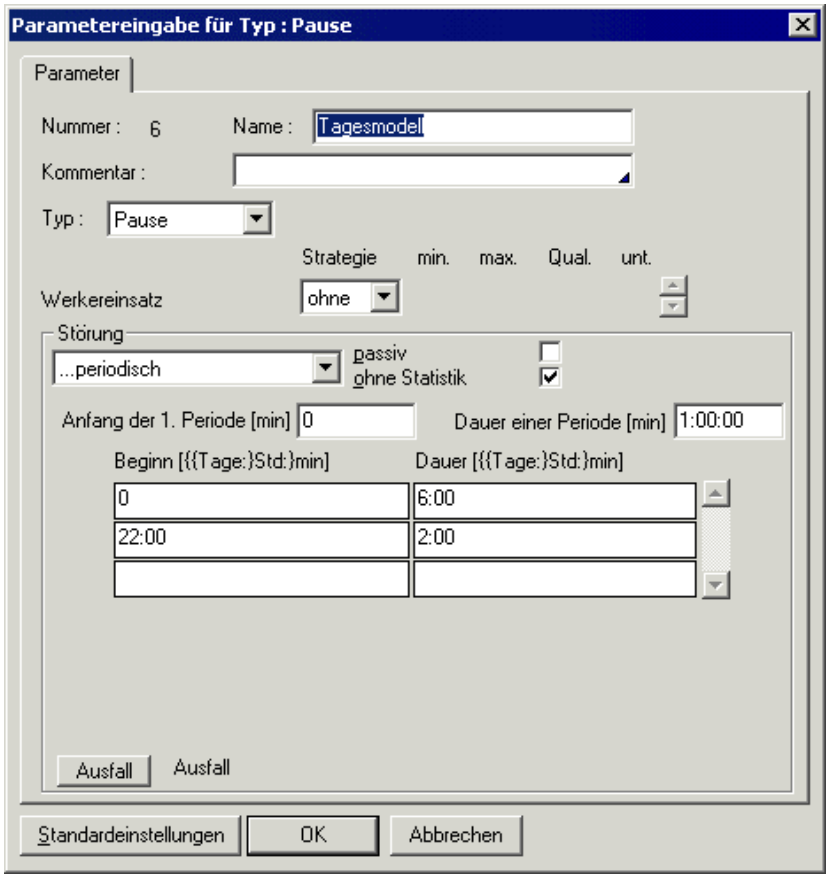


Abbildung 8.21 Statistikfilter aktivieren

Im Beispiel ist nun das Tagesmodell und das Wochenmodell zu filtern. Stör- bzw. Pausenanteil wird an jeder Säule unten links dargestellt.

Nach der Beendigung der Simulation sollte wieder das Ergebnisdiagramm der Arbeitsstationen betrachtet werden. Auffallend sind die beiden Blöcke ohne Statistik. Dies sind die Wochenenden des Simulationszeitraums, an denen ja auch die Statistik herausgefiltert wurde. Am Tag davor ist der Anteil ohne Statistik höher als an den restliche 4 Tagen, da Freitags ja nur bis 16.30 Uhr gearbeitet wird.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

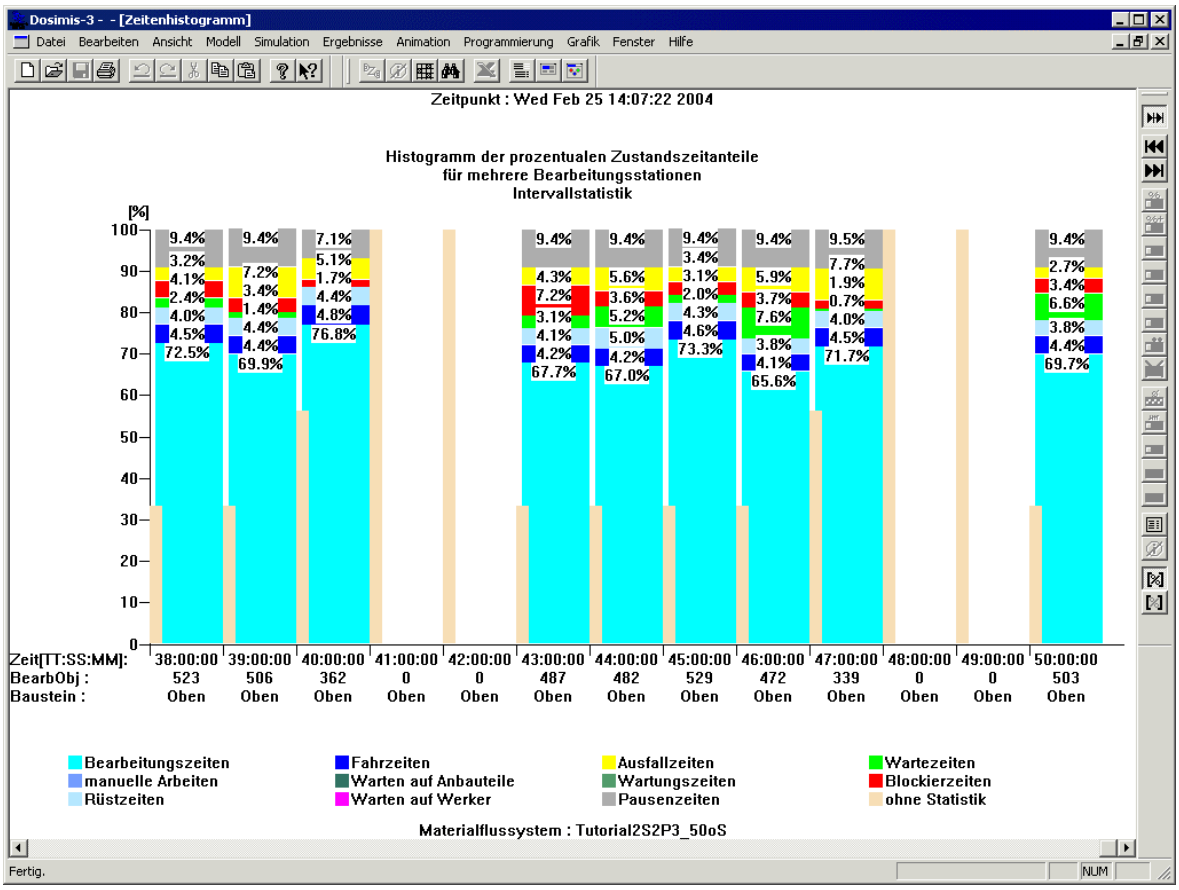


Abbildung 8.22 Bausteinhistogramm mit aktivierten Statistikfilter

Das folgende Diagramm soll noch einmal verdeutlichen, was es bedeutet, den Pausenanteil aus der Statistik zu filtern. 33,33 % Störung am Tag (8 von 24 Stunden) und 50% Arbeitsanteil am Tag (12 von 24 Stunden) bedeuten, da die Anlage ja nur 16 Stunden läuft, dass der Arbeitsanteil in Wirklichkeit 75% der Laufzeit ausmacht (12 von 16 Stunden).

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

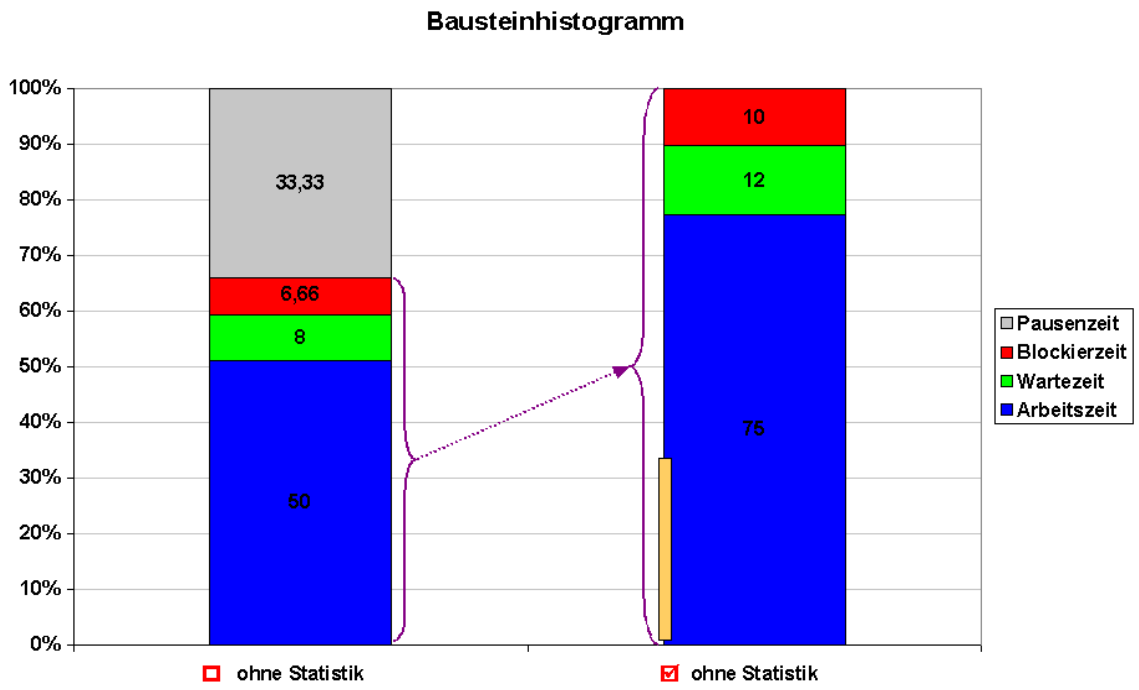


Abbildung 8.23 Umrechnung ohne / mit Statistik

8.10 Störungen abschalten

Störungen können entweder Einzel oder global abgeschaltet werden, ohne gelöscht zu werden. Dies hilft gerade in der Modellierungsphase, das Modell zu validieren.

8.10.1 Einzeln abschalten

Doppelklicken Sie auf die Störung.
Aktivieren Sie das Kontrollkästchen **passiv**.

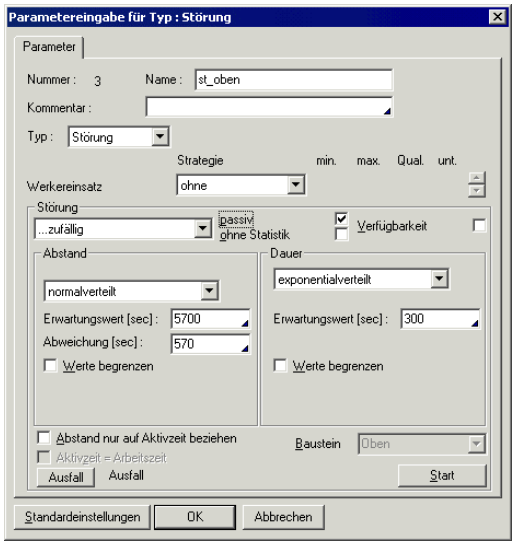


Abbildung 8.24 Störung „st_oben“ abschalten

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

8.10.2 Global abschalten

Klicken Sie im Menü **Simulation** auf **Simulationsparameter.** Aktivieren Sie das Kontrollkästchen **Störungen abschalten**.

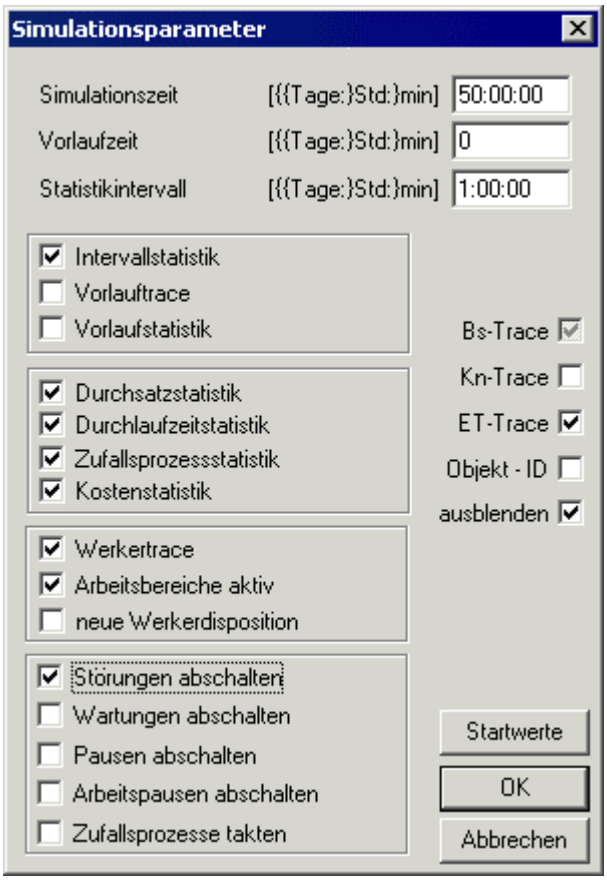


Abbildung 8.25: Alle Störungen global abschalten

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

9 Arbeitsbereiche

9.1 Theorie

Als wesentliche Optimierungsziele und -ergebnisse beim Einsatz von DOSIMIS-3 sind alle Werkereinsatzkonzepte, Gruppenarbeit und Mehrmaschinenbedienung unter Berücksichtigung von Qualitätsmerkmalen, Tätigkeitszuordnungen und Schichtmodellen. Zusätzlich bieten die Arbeitsbereiche die Möglichkeit, eine detaillierte Analyse einer Kanban-Steuerung bei Inselfertigungen bzw. Kommissionier- oder Montagesystemen durchzuführen.

Auf der Arbeitsbereichsebene kann der Anwender alle Tätigkeiten definieren, die im realen System von Arbeitern durchgeführt werden. Es handelt sich um manuelle Bearbeitung von Objekten in Arbeitsstationen, Wartungsarbeiten, Beseitigung von Störungen, Rüsten und anderen allgemeine Tätigkeiten. Dieser Werkereinsatz kann schließlich mit Hilfe der Arbeitsbereiche exakt analysiert werden.

Der Sonderbaustein **Arbeitsbereich** dient der Abbildung von Werkern in einem Modell. Hierdurch können auch unterschiedliche Qualifikationen und Werkeranzahl berücksichtigt werden. Fordert ein Baustein Werker an, werden ihm diese - wenn möglich - vom Arbeitsbereich zur Verfügung gestellt. Weiterhin kann die Abarbeitungsreihenfolge von Anforderungen nach Prioritäten vorgegeben werden. Wegezeiten für jede mögliche Paarungen von Arbeitsplätzen kann berücksichtigt werden. Arbeitspausen können analog zu den Störungen/Pausen definiert werden.

Um in einem Modell Werkerkonzepte abzubilden, müssen folgende Voraussetzungen erfüllt werden:

- Im Modell muß ein Baustein vom Typ Arbeitsbereich eingesetzt sein.
- Jeder Baustein, der Werker von diesem Arbeitsbereich anfordert, muß mit ihm verbunden sein.
- Ein Baustein kann mehreren Arbeitsbereichen zugeordnet sein.
- Einem Arbeitsbereich können mehrere Bausteinen zugeordnet sein.

9.2 Aufgabenstellung

Als Fortführung der Arbeiten am optimierten Tutorial - Modells des ersten Teils soll ein Arbeitsbereich mit einem Werker abgebildet werden. Der Werker soll an der oberen Arbeitsstation die Objekte bearbeiten und an der unteren Bearbeitungsstation rüsten.

Die Wegezeit zwischen dem Stammplatz (dies ist der Platz, an dem der Werker wartet, wenn keine Arbeit vorhanden ist) und den Arbeitsplätzen beträgt jeweils 30s und der Weg zwischen den Bearbeitungsstationen 10s. Der Werker sollte an der oberen Bearbeitungsstation nach jeder Objektbearbeitung erst einmal 6s warten, bis ein weiteres Objekt in die Bearbeitungsstation einfährt. Zusätzlich soll ein Pausenmodell für der Werker definiert werden.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

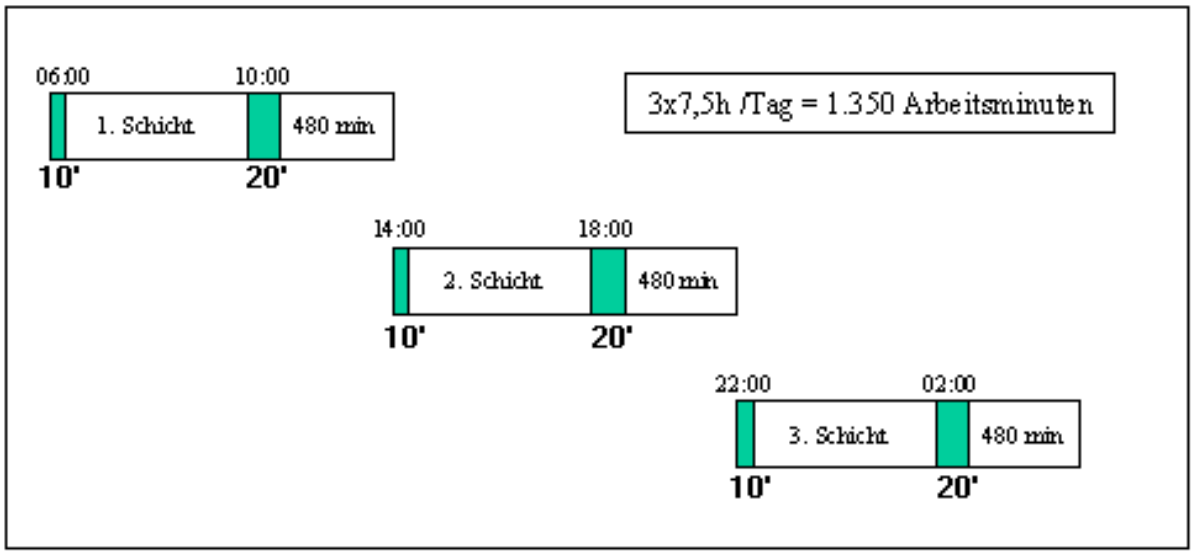


Abbildung 9.1: Pausenmodell

Erstellen Sie den Arbeitsbereich nach den folgenden Anweisungen:

- Öffnen Sie das Modell **Tutorial2.mfs**. Achtung! Dies ist nicht das Endmodell des vorherigen Kapitels, sondern das Basismodell.
- Speichern sie das Modell unter dem neuen Namen „Tutorial2A.mfs“.
- Klicken Sie im Menü **Ansicht** auf **Steuerungsplatte** oder drücken die Funktionstasten **Strg+F2**.
- Wählen Sie aus dem Palettenfenster das Symbol des Arbeitsbereichs

an und platzieren es auf die Arbeitsfläche durch einen Klick auf die linke Maustaste.
- Klicken Sie im Menü **Modell** auf **Verbinden aktiviert** oder drücken Sie die Taste **F9**. Nun befindet man sich im Verbindungsmodus.
- Zuerst muß der Arbeitsbereich mit der linken Maustaste selektiert werden. Das Symbol wird blau dargestellt.
- Selektiere Sie nun die Arbeitsstationen. Diese werden rot angezeigt, was bedeutet, dass diese der selektierten Steuerung zugeordnet sind.
- Deaktivieren Sie den Verbindungsmodus durch nochmaliges Drücken der Taste **F9**.
- Wählen Sie aus der Bausteinpalette nun das Symbol für einen Arbeitsplatz

an.
- Plazieren Sie den Kreis in der Nähe der Arbeitsstation durch einen Klick auf die linke Maustaste.
- Klicken Sie im Menü **Modell** auf **Verbinden aktiviert** oder drücken Sie die Taste **F9**. Nun befindet man sich wieder im Verbindungsmodus.
- Selektieren Sie mit der linken Maustaste den Arbeitsplatz. Dieser wird nun blau dargestellt.
- Klicken Sie nun auf die obere Bearbeitungsstation und mit gedrückter SHIFT - Taste auf den Arbeitsbereich.
  - Damit wird festgelegt, dass nur Werker aus diesem Arbeitsbereich, die an der verbundenen Bearbeitungsstation arbeiten, auf diesem Platz animiert werden dürfen.
- Deaktivieren Sie den Verbindungsmodus durch nochmaliges Drücken der Taste **F9**.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

- Den gleichen Vorgang führen Sie bei der unteren Bearbeitungsstation durch.

Es ist oft günstig, zuerst alle Komponenten zu platzieren und anschließend die Verbindungen zu definieren. Die Vorgehensweise ist dem Anwender überlassen.

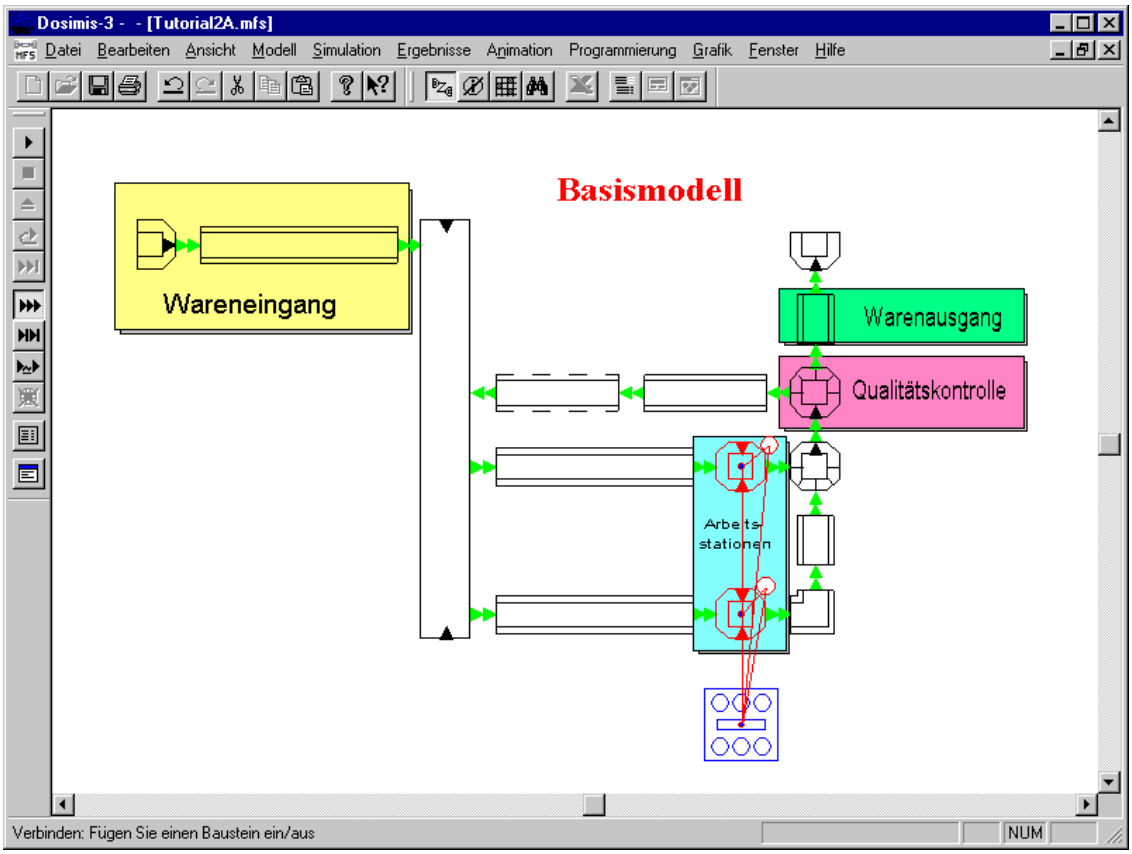


Abbildung 9.2: Verbinden der Bausteine mit dem Arbeitsbereich

- Mit erneutem Anklicken im Verbindungsmodus eines falsch angewählten Bausteins werden eingefügte Bausteine (rot) aus dem Arbeitsbereich entfernt (schwarz).
- Ferner können beliebig viele Werkerpositionen einem Baustein zugeordnet werden.

9.3 Parametrierung des Arbeitsbereichs

Die Parametrierung der Werker ist das Zusammenspiel zwischen der Parametrierung der Bausteine, an denen die Werker arbeiten sollen und der Parametrierung des Arbeitsbereichs. Die Parametrierung der Bearbeitungsstationen muß so geändert werden, dass sie Werker anfordern. Das bedeutet, dass z.B. für Objekttyp 1 unter **Werkereinsatz Strategie** in der **Arbeitszeitverteilung** spezifiziert werden muß, dass ein Werker für die Objektbearbeitung benötigt wird. Bei der unteren Bearbeitungsstation wird ein Werker nur zum Rüsten angefordert, deswegen wird dies im Feld **Rüstzeitmatrix** angegeben.

9.3.1 Bearbeitungsstationen

Doppelklick auf der oberen Bearbeitungsstation.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

- Selektieren Sie im Feld **Arbeitszeitverteilung** bei **Werkereinsatz** unter **Strategie maximale Werkeranzahl**. Diese Strategie bestimmt, dass die Bearbeitungszeit sich auf die maximale Anzahl der angegebenen Werker bezieht.
- Geben Sie in allen drei Zellen 1 an und drücken Sie jedes Mal die TAB-TASTE. In den ersten beiden Zellen wird die *minimal* bzw. *maximal* erforderliche Anzahl an Werkern festgelegt. In der dritten Zelle wird die erforderliche Qualifikationsstufe bestimmt. Geben Sie bei *Unt.(erbrechen)* 0 ein. Dies bedeutet, dass die Tätigkeit nicht unterbrochen werden darf.
- Wiederholen Sie diese beiden Schritte für die untere Bearbeitungsstation. Beachten Sie dabei, dass der Werker nicht zur Objektbearbeitung sondern zum Rüsten gefordert wird. Dies erfolgt im Bereich Rüstzeitmatrix.

Parametermaske der oberen Bearbeitungsstation:

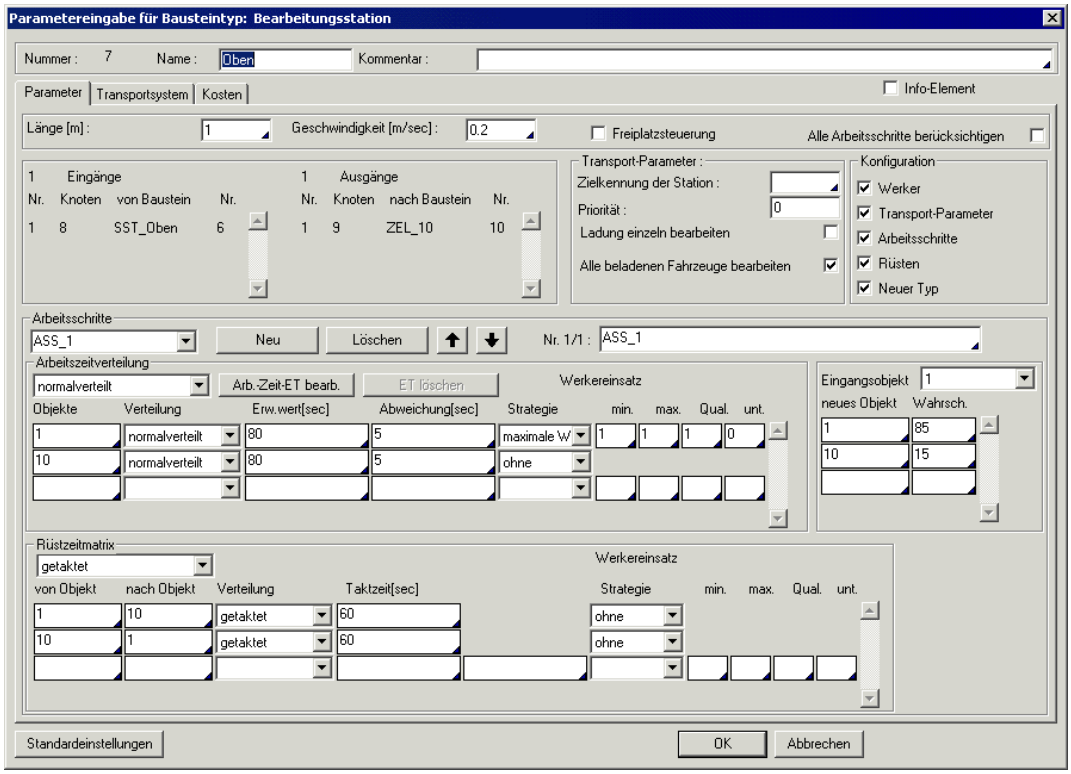


Abbildung 9.3: Parameter der oberen Station

Rüstparameter der unteren Bearbeitungsstation:

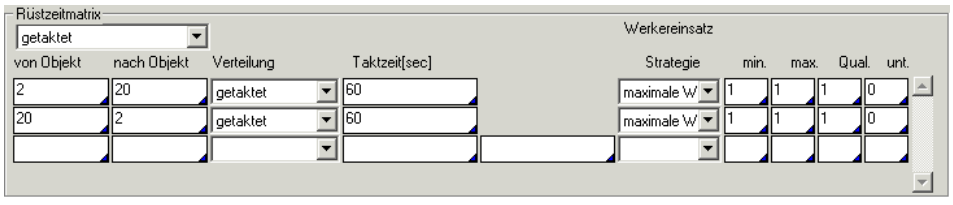

Rüstzeitmatrix
getaktet
Werkereinsatz
von Objekt nach Objekt Verteilung Taktzeit[sec] Strategie min. max. Qual. unt.
2 20 getaktet 60 maximale W 1 1 1 0
20 2 getaktet 60 maximale W 1 1 1 0

Abbildung 9.4: Rüstparameter der unteren Station

9.3.2 Arbeitsbereiche

Sie können nun den Arbeitsbereich parametrieren. Gehen Sie folgendermaßen vor:

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

- Öffnen Sie die Parametermaske durch ein Doppelklicken auf das Symbol des Arbeitsbereiches.
- **Werkerliste** definieren: Klicken Sie auf die Zelle Qualifikation, in der Sie 1 eingeben (1 stellt die höchste Qualifikationsstufe dar). Drücken Sie die TAB-TASTE und geben Sie im Feld Anzahl (Anzahl der Werker) auch eine 1 ein.
- **Werker- und Tätigkeitszuordnung:** Beide Reihenfolgen sind defaultmäßig voreingestellt und können so übernommen werden.
- **Tätigkeitsliste:** In dieser Liste wird festgelegt, welche Tätigkeiten die Werker aus diesem Arbeitsbereich ausführen dürfen. Im zweiten Feld wird die Art der Tätigkeit festgelegt. Diese kann in der nächsten Zelle mit der linken Maustaste selektiert werden. Neben der Art der Tätigkeit und dem Baustein, an dem diese Tätigkeit anfallen darf, ist eine Priorität für jede Tätigkeit zu vergeben. Diese bezeichnet den Vorrang mit dem ggf. unter mehreren Werkern ausgewählt wird. Die untere Arbeitsstation bekommt die höchste Priorität für das Rüsten. Die obere Bearbeitungsstation bekommt somit Priorität 2.
- **Wechsel:** Eine Strategie für den Arbeitsplatzwechsel für die in Schritt 2 definierten Tätigkeiten kann aus den aufgelisteten Strategien ausgewählt werden. Für die Objektbearbeitung an der oberen Bearbeitungsstation erfolgt der Wechsel nach einer Wartezeit von 6 Sekunden. Dies ist die Zeit, welche benötigt wird, bis ein weiteres Werkstück in die Station eingefahren ist. Das Rüsten unterliegt keiner Sonderstrategie.

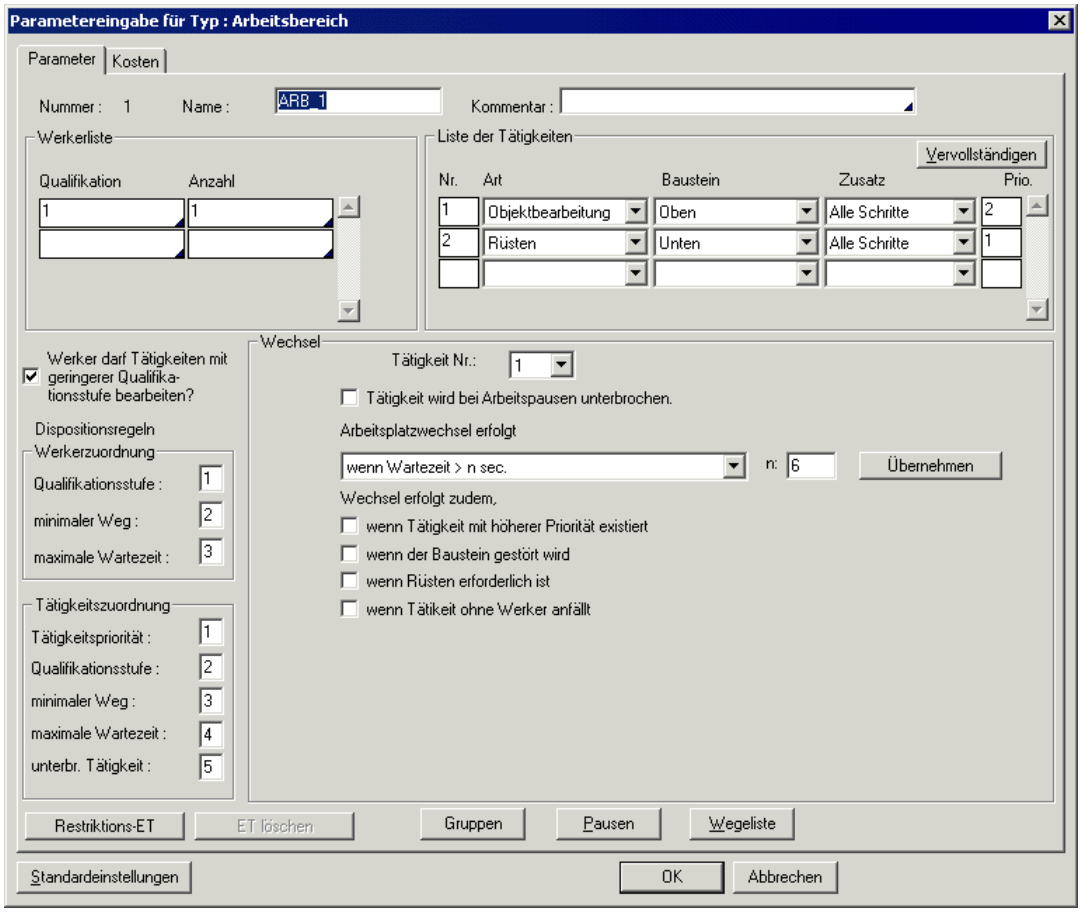


Abbildung 9.5: Parameter des Arbeitsbereichs

- **Pausen:** Klicken Sie auf **Pause**. Es erscheint folgende Parametermaske. Klicken Sie auf **Neu**. Wählen Sie im Feld Arbeitspause die Option **...periodisch** aus und geben Sie in der Zelle Anfang der ersten Periode 0 min bzw. bei Dauer einer Periode 480 min (8h) ein.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Ordnen Sie für eine Periode die Pausen zeilenweise (Beginn und Dauer) an. Klicken Sie auf OK, nachdem sie die Pausen definiert haben. Da bei Arbeitspausen das Filtern der Zeiten aus der Statistik auch möglich ist (siehe Störungen), soll dies auch bei dieser Pause erfolgen.

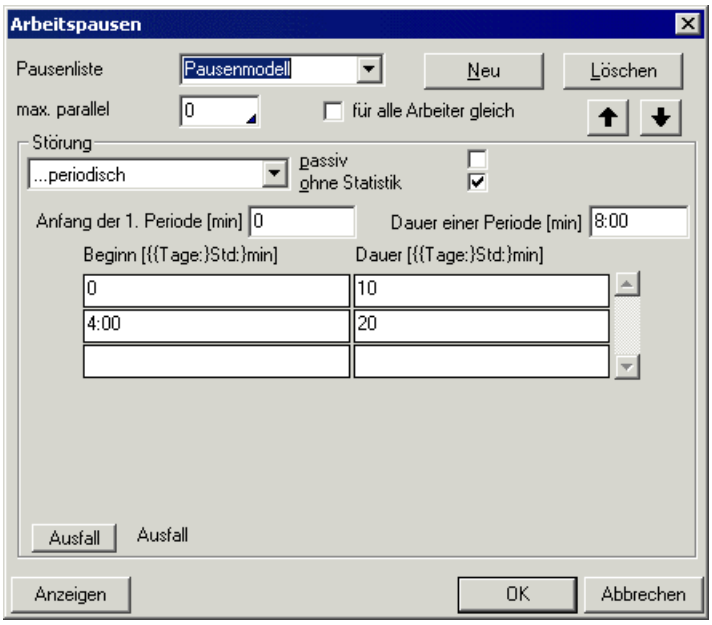


Abbildung 9.6: Pausen

- **Wegeliste:** Klicken Sie auf Wegeliste. Die Parametermaske des Arbeitsbereichs wird ausgeblendet und es erscheint das Modell im Hintergrund. Bausteine, auf die sich die Wegezeit bezieht, werden blau angezeigt. Ist nur ein Bausteine markiert, handelt es sich um den Weg vom Stammplatz zum Baustein. Stellen Sie sicher, dass im Modell die entsprechenden Bausteine ausgewählt sind. Geben Sie in der Spalte Zeit den entsprechenden Wert ein. Klicken Sie auf OK. Die Parametermaske des Arbeitsbereichs wird wieder eingeblendet.

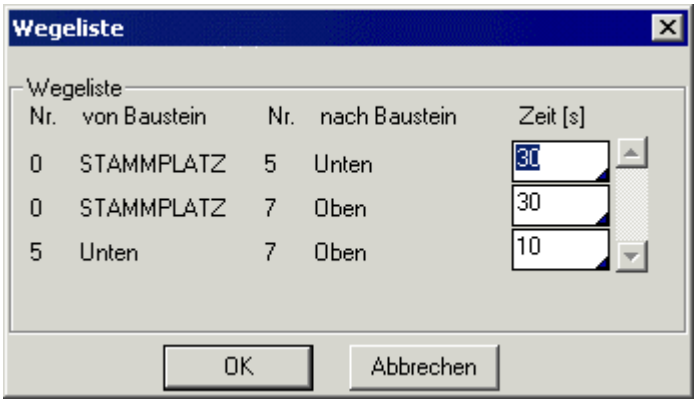


Abbildung 9.7: Wegeliste

- Beenden Sie die Parametrierung mit OK oder drücken Sie die EINGABETASTE.

Für jedes einfahrende Objekt wird überprüft, ob aufgrund seines Typs ein Werker angefordert werden muß. Ist zu diesem Zeitpunkt kein Werker frei, so wird die Tätigkeit als unerledigt gekennzeichnet und der Baustein befindet sich in einem

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Wartezustand (das Objekt wird gelb markiert). In DOSIMIS-3 gibt es mehrere Bausteine, in dem manuelle Tätigkeiten ausgeführt werden können. Zu erwähnen seien hier zum Beispiel die Bearbeitungs-, Montage- und Demontagestationen. Diese Tätigkeiten fallen unter den Oberbegriff Objektbearbeitung.

Die Objektbearbeitung ist objekttypabhängig, d.h. der Werker muß nicht ständig für die Bearbeitungsstationen zur Verfügung stehen. Es können zusätzlich Werkereinsatzstrategien angegeben werden, die den Tätigkeitswechsel bei Objektbearbeitung regeln.

Die Werker sind in die Animation eingebunden. Ist diese zusätzliche Animation nicht erwünscht, kann dies im Dialog **Simulationsparameter** abgeschaltet werden. Dies geschieht über dem Button **mit Werkertrace**.

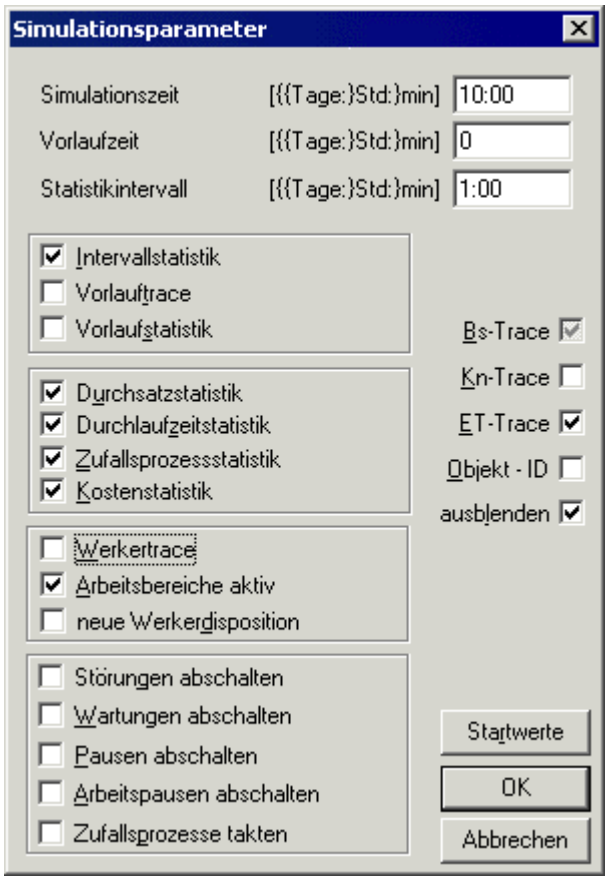


Abbildung 9.8: Werkertrace abschalten.

Das Ändern dieses Simulationsparameters wirkt sich lediglich auf das Aktionsprotokoll aus (tutorial2A.tra enthält die Daten des Bewegungsprotokolls, die bei der Animation benötigt werden), es hat keine Auswirkung auf die Abläufe in der Werkerdisposition.

9.4 Analyse der Arbeitsbereiche

Nach durchgeführter Simulation können Sie die Animation starten und das Modell beobachten. Ausgewählt wird über die Animationsleiste der Knopf „Einzelschritt“. Im Arbeitsbereich wird ein Werker (Nr. 1) dargestellt. Er erscheint in rot, d.h. der Werker befindet sich an seinem Stammplatz und macht Pause. Die Pause dauert 10 min. Nach ca. 2 min Simulationszeit fährt das erste Objekt in die obere Bearbeitungsstation. Das Objekt

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

erscheint in gelb und kennzeichnet den Zustand „Warten auf Werker“. Nach 10 min verlässt der Werker seinen Stammplatz in Richtung oberer Bearbeitungsstation. Deshalb ändert die Werkerposition (Kreis) der oberen Station ihre Füllfarbe und wird grün. Sobald der Werker ankommt und mit der Objektbearbeitung anfängt erscheint die Werkerposition in blau. Beachten Sie, dass zeitgleiche Ereignisse nacheinander animiert werden. Dies führt dazu, dass das Objekt erst im nächsten Schritt blau (d.h. in Arbeit) markiert wird. Beide Ereignisse finden jedoch zum gleichen Zeitpunkt statt, was ein Blick auf die Animationsuhr zeigt. Verlässt das Objekt die Bearbeitungsstation, so erscheint die Werkerposition in gelb. Es liegt daran, dass der Werker maximal 6 Sekunden warten muß, bis das nächste Objekt komplett einfährt, usw.

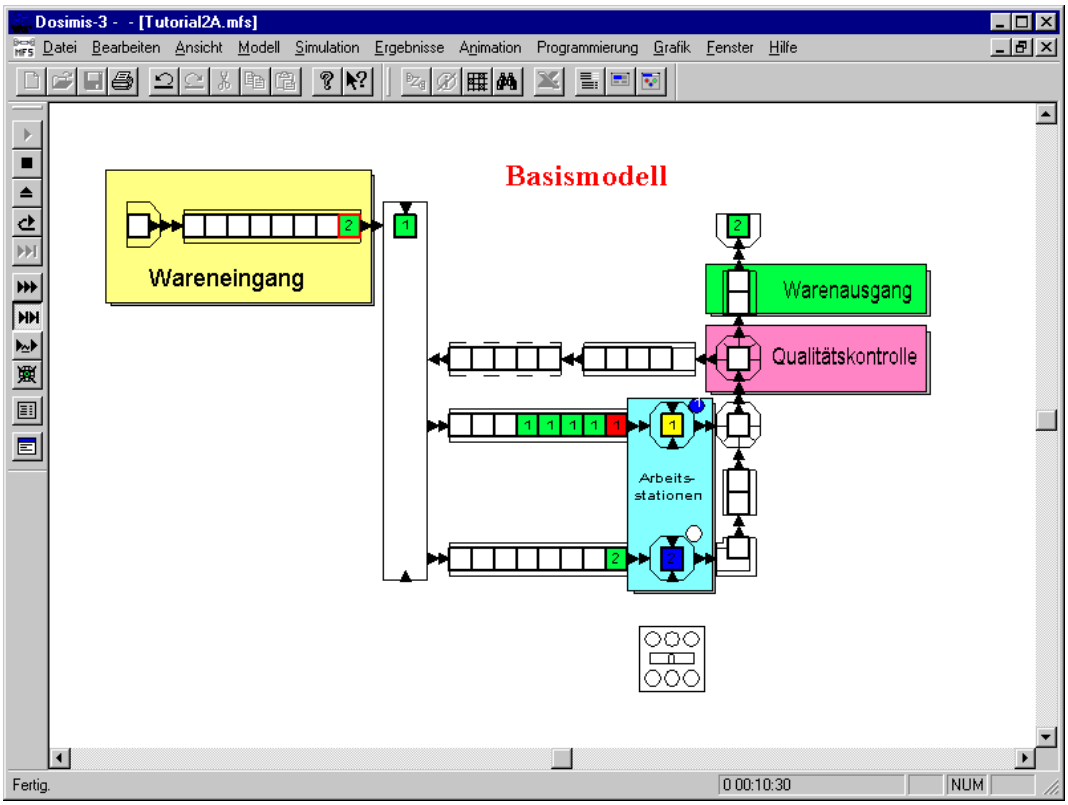


Abbildung 9.9: Objektbearbeitung an der oberen Bearbeitungsstation

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

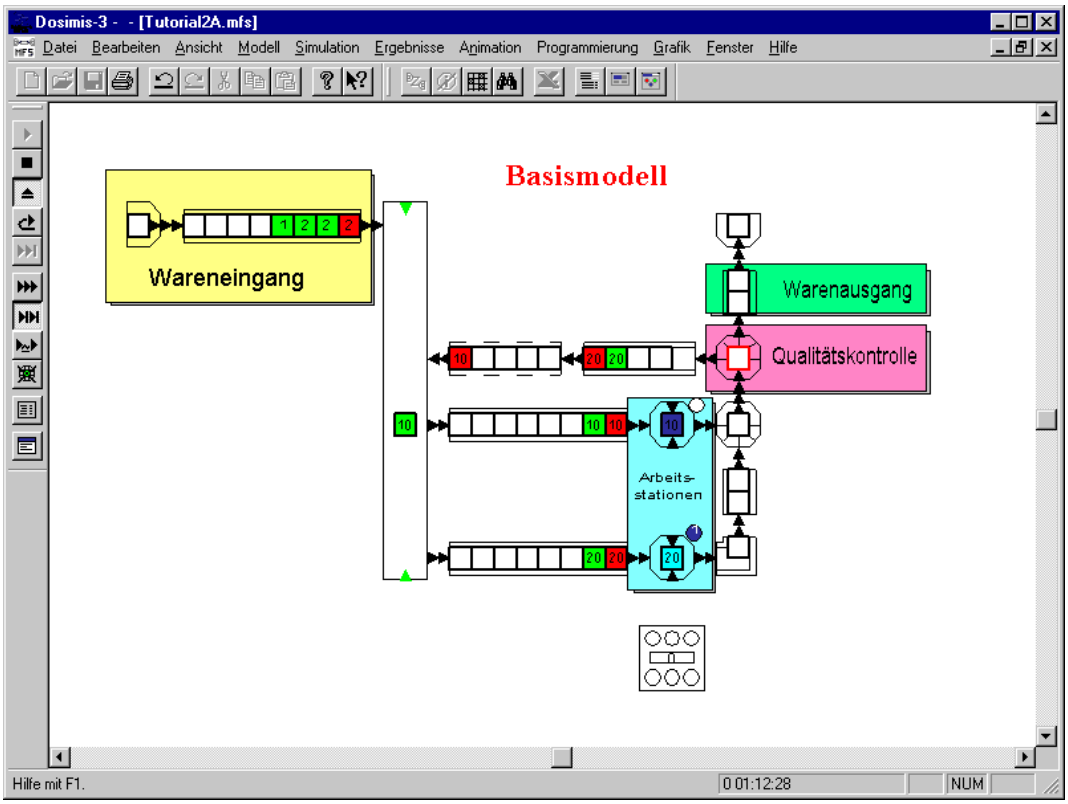


Abbildung 9.10: Rüsten an der unteren Bearbeitungsstation

Die Farbe eines Rechteckes kennzeichnet den momentanen Zustand eines Objektes. Beispielsweise speziell beim Werkereinsatz:
gelb = Warten auf Werker
violett = Warten auf Werker für Rüsten

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

9.5 Statistik

Nach Ausführung der Simulation können die Ergebnisse des Arbeitsbereichs in Form von Säulendiagrammen dargestellt werden.

- Selektieren Sie den Arbeitsbereich
- Klicken Sie im Menü **Ergebnisse** auf **Ergebnisparameter**.
- Aktivieren Sie das Feld **Statistikzeitpunkt**. Es wird die Endstatistik zum Zeitpunkt 600 min dargestellt.
- Klicken Sie auf „übernehmen“.
- Klicken Sie im Menü **Ergebnisse** auf **Arbeitsbereichstatistik**.

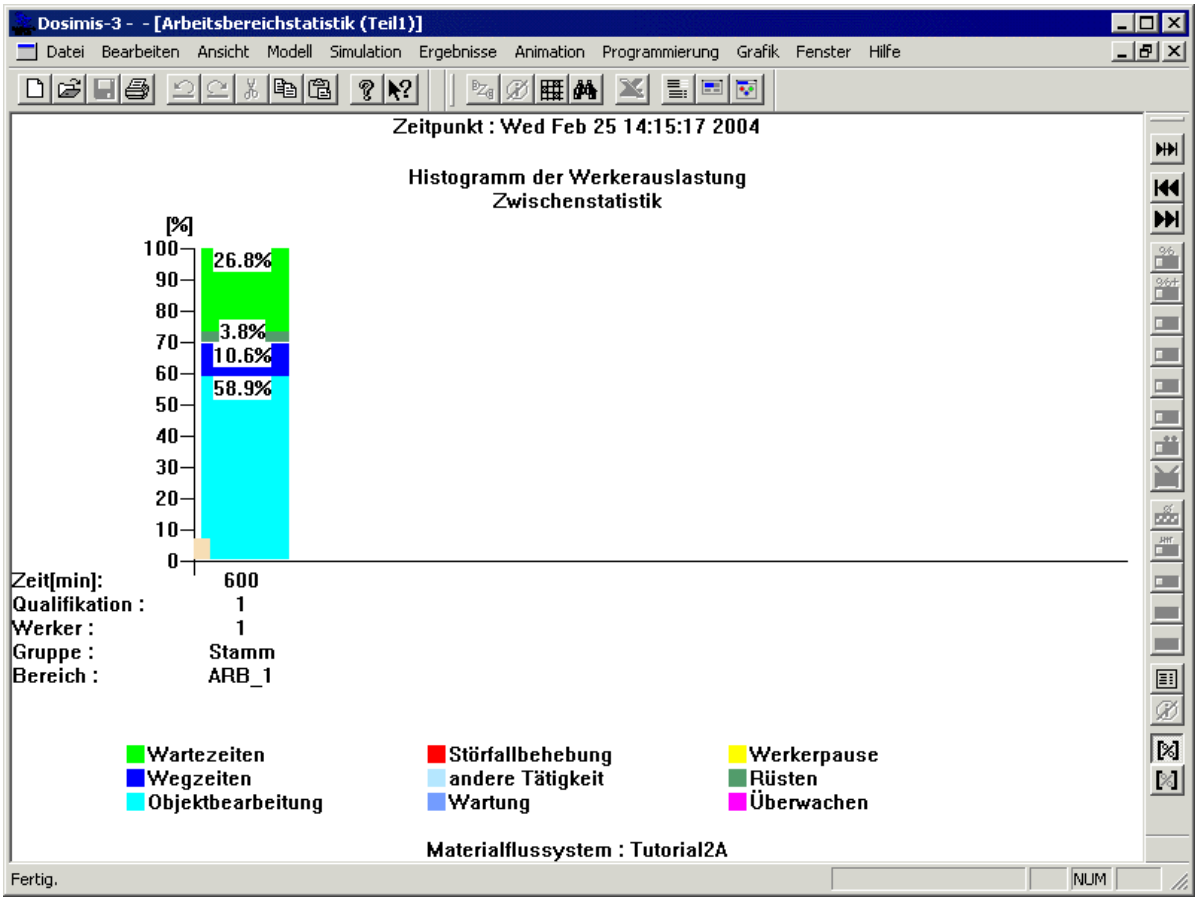


Abbildung 9.11: Endstatistik des Arbeitsbereichs

Die Auslastung der Werker zeigt in diesem Fall eine recht hohe Reserve. Dies scheint ausreichend zu sein. Ein Blick in die Statistik der Bearbeitungsstationen zeigt jedoch ein anderes Bild.

- Selektieren Sie hierzu die beiden Bearbeitungsstationen
- Klicken Sie im Menü **Ergebnisse** auf **Zeitenhistogramm**.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

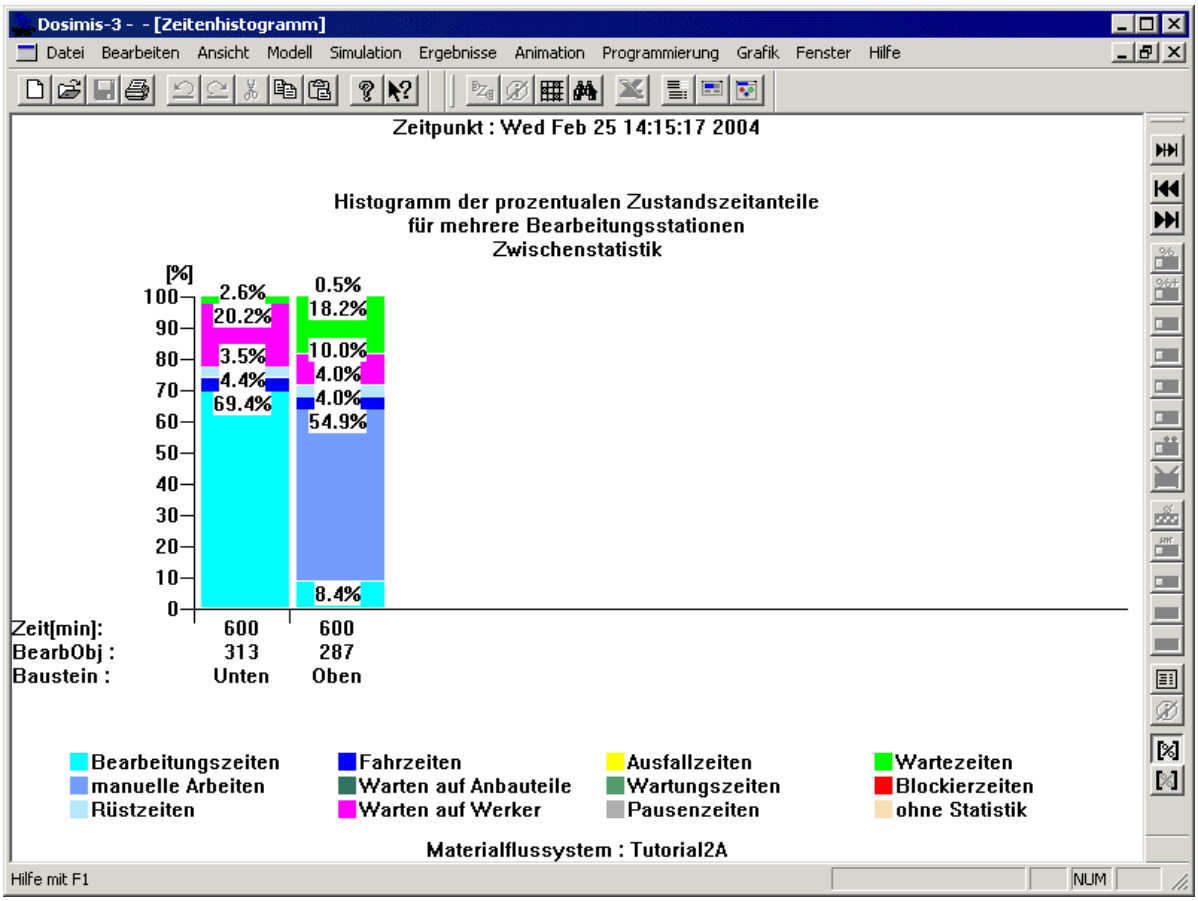


Abbildung 9.12: Endstatistik der Arbeitsstationen

Beide Bearbeitungsstationen weisen hohen Anteil **Warten auf Werker** aus. Dies kann auch in der Endstatistik verifiziert werden. Diese Werte finden sich in den Leistungsgrößen aller Bausteine wieder. Diese Ergebnisse zeigen, dass Werker und Maschinen durch "Warten aufeinander" ausbremsen und damit die Systemleistung reduzieren. So ist der Durchsatz an der Senke aus dem Simulationslauf um ca. 16% niedriger als bei der Modellvariante ohne Werker. Die Wartezeiten der Werker ergeben sich aus:

- Der Wartezeit beim einfahren der Objekte in die Bearbeitungsstation "Oben".
- Der Untätigkeit des Werkers während der Nacharbeit an der Bearbeitungsstation "Oben".
- Und dem Warten auf Objekte.

Die Wartezeit der Maschinen auf den Werker ergeben sich aus:
Pausenzeiten des Werkers

- Inanspruchnahme des Werkers durch die jeweils andere Bearbeitungsstation und
- Im Falle der Bearbeitungsstation "Unten" aus der Tatsache, dass der Werker von der Station "Oben" erst freigegeben wird, wenn dort ein Typwechsel ansteht oder der vorgelagerte Puffer leer ist.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

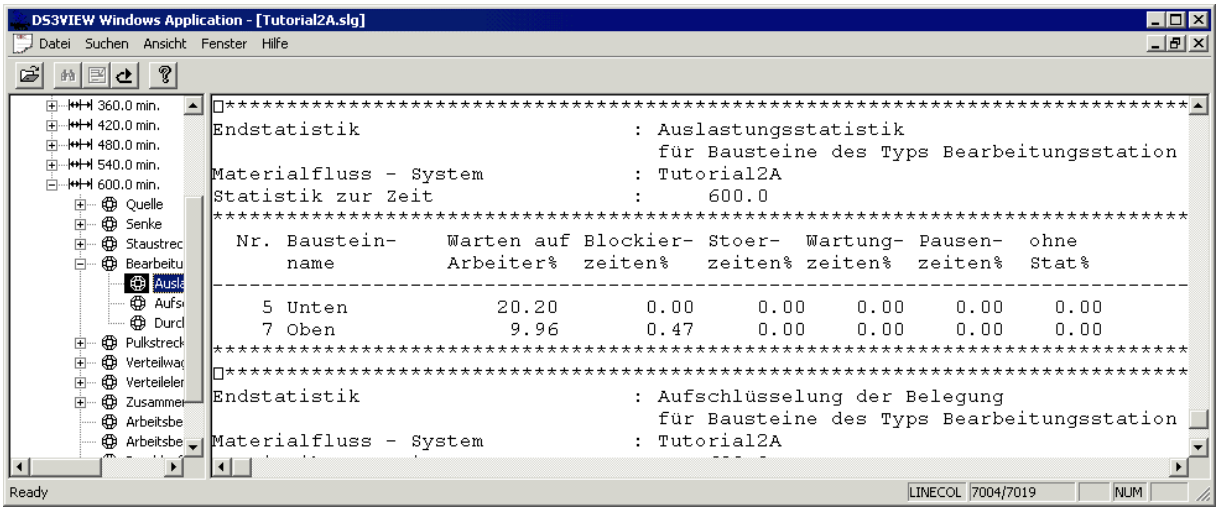

DS3VIEW Windows Application - [Tutorial2A.slg]
Datei Suchen Ansicht Fenster Hilfe
Endstatistik : Auslastungsstatistik
für Bausteine des Typs Bearbeitungsstation
Materialfluss - System : Tutorial2A
Statistik zur Zeit : 600.0
Nr. Baustein- Warten auf Blockier- Stoer- Wartung- Pausen- ohne
name Arbeiter% zeiten% zeiten% zeiten% zeiten% Stat%
5 Unten 20.20 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
7 Oben 9.96 0.47 0.00 0.00 0.00 0.00
Endstatistik : Aufschlüsselung der Belegung
für Bausteine des Typs Bearbeitungsstation
Materialfluss - System : Tutorial2A
Ready
LINECOL 7004/7019
NUM

Abbildung 9.13: Endstatistik (Auslastung Bearbeitungsstationen)

Die Statistik der Arbeitsbereiche befinden Sie hinter den bausteinspezifischen Statistiken.

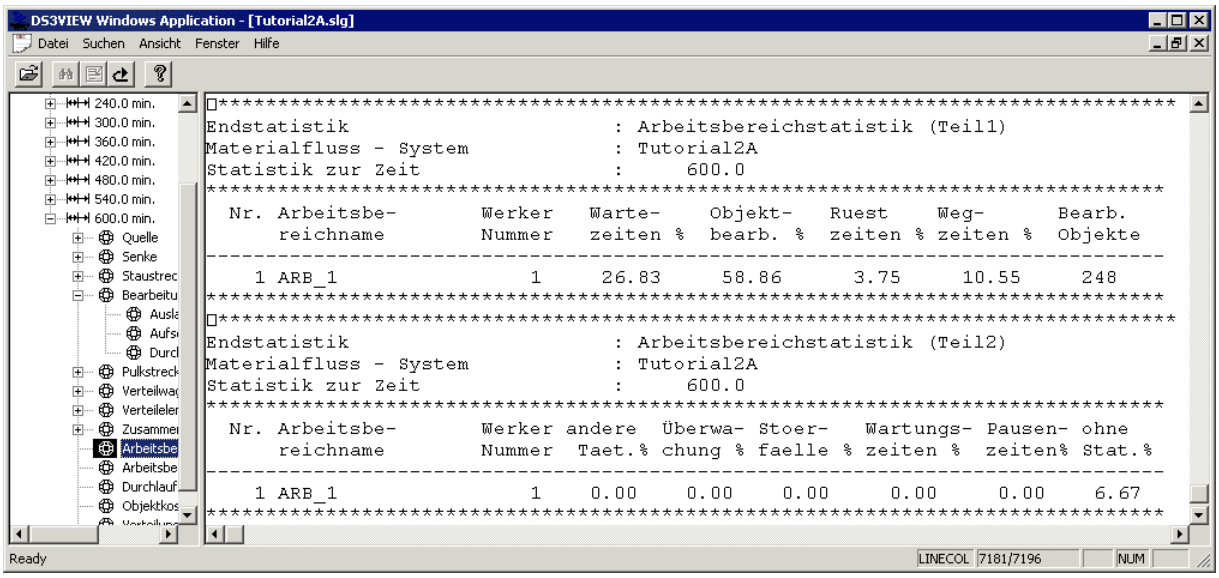

DS3VIEW Windows Application - [Tutorial2A.slg]
Datei Suchen Ansicht Fenster Hilfe
Endstatistik : Arbeitsbereichstatistik (Teil1)
Materialfluss - System : Tutorial2A
Statistik zur Zeit : 600.0
Nr. Arbeitsbe- Werker Warte- Objekt- Ruest Weg- Bearb.
reichname Nummer zeiten % bearb. % zeiten % zeiten % Objekte
1 ARB_1 1 26.83 58.86 3.75 10.55 248
Endstatistik : Arbeitsbereichstatistik (Teil2)
Materialfluss - System : Tutorial2A
Statistik zur Zeit : 600.0
Nr. Arbeitsbe- Werker andere Überwa- Stoer- Wartungs- Pausen- ohne
reichname Nummer Taet.% chung % faelle % zeiten % zeiten% Stat.%
1 ARB_1 1 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 6.67
Ready
LINECOL 7181/7196
NUM

Abbildung 9.14: Endstatistik (Arbeitsbereich)

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

9.6 Mehrere Werker pro Tätigkeit

Bei komplexen Arbeiten kommt es oft vor, dass mehrere Werker zeitgleich an einer Tätigkeit arbeiten müssen. Dies wird von den Werkereinsatzstrategien der Arbeitsbereiche unterstützt, da jeder Arbeit eine Mindest- und eine Maximalanzahl der für diese Arbeit notwendigen Werker zugeordnet werden kann. Die angegebene Arbeitszeit bezieht sich dann immer auf die maximale Anzahl an Werkern. Mit der Arbeit kann begonnen werden, wenn die minimale Anzahl an Werkern zur Verfügung steht. Sind die Werte für Minimal und Maximal unterschiedlich, so verlängert sich die Arbeitszeit proportional zur Anzahl der aktiven Arbeiter. Wenn maximal drei Werker benötigt werden und nur zwei zur Verfügung stehen, verlängert sich die Arbeitszeit um 50% (3/2 * Arbeitszeit).

In diesem Beispiel soll nun für jede Objektbearbeitung ein Werker benötigt werden. Für die Rüstvorgänge sollen jedoch zwei Werker notwendig sein.

Die für eine Arbeit notwendige Personalstärke kann in den Feldern der Werkereinsatzstrategie angegeben werden.

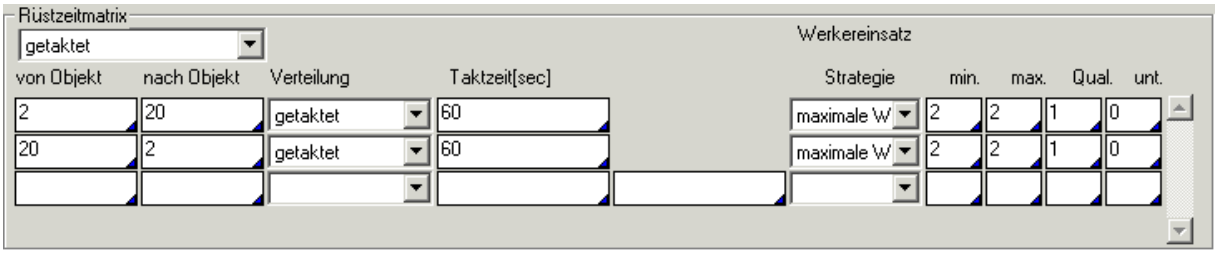


Abbildung 9.15: mehrere Werker pro Tätigkeit

Erweitern Sie die Werkereinsatzstrategie der beiden Bearbeitungsstationen entsprechend, so dass für jede Objektbearbeitung ein Werker angefordert wird und für jeden Rüstvorgang zwei. Wenn alle Werker nach dem gleichen Schichtmodell arbeiten, könnte man die Anzahl der Werker in dem Arbeitsbereich auf zwei erhöhen. Wenn jedoch unterschiedliche Pausenmodell vorliegen, muß dies mit Hilfe eines zweiten Arbeitsbereich geschehen. Nachdem der Arbeitsbereich kopiert wurde und die Arbeitsplätze neu ausgerichtet wurden, sieht das Modell wie folgt aus.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

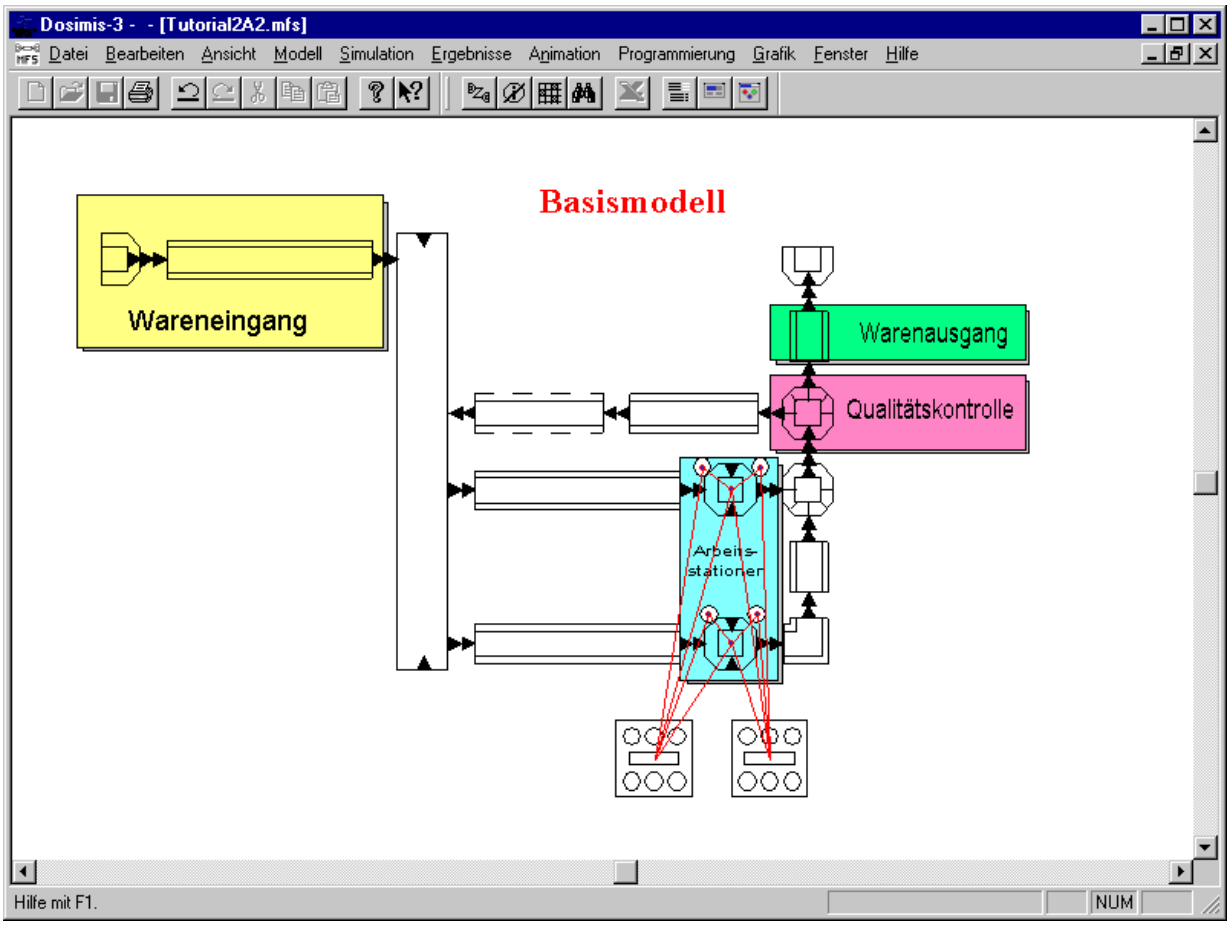


Abbildung 9.16: Relationen der Elemente im Modells

Im Modus *Modell/Info/Verbindungen* wird der Zusammenhang der Elemente deutlich. Die beiden Arbeitsstationen sind jeweils mit den beiden Arbeitsbereichen verbunden. Und je ein Arbeitsplatz an jeder Station ist einem Arbeitsbereich zugeordnet.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Ein Blick in die Konsistenz - Datei zeigt, dass noch einige Fehler im Modell sind. Es wird z.B. darauf hingewiesen, dass zur Bearbeitung von Objekttyp 2 in der Station *Unten* kein Werker definiert wurde.

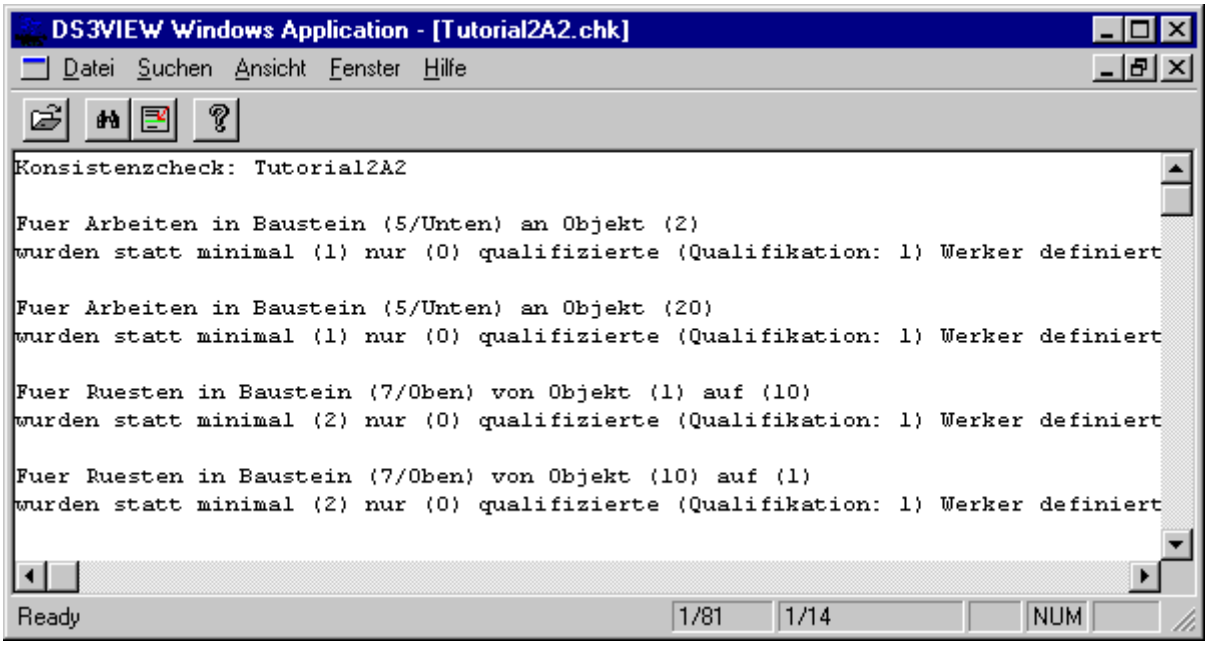

DS3VIEW Windows Application - [Tutorial2A2.chk]
Datei Suchen Ansicht Fenster Hilfe
Konsistenzcheck: Tutorial2A2
Fuer Arbeiten in Baustein (5/Unten) an Objekt (2)
wurden statt minimal (1) nur (0) qualifizierte (Qualifikation: 1) Werker definiert
Fuer Arbeiten in Baustein (5/Unten) an Objekt (20)
wurden statt minimal (1) nur (0) qualifizierte (Qualifikation: 1) Werker definiert
Fuer Ruesten in Baustein (7/Oben) von Objekt (1) auf (10)
wurden statt minimal (2) nur (0) qualifizierte (Qualifikation: 1) Werker definiert
Fuer Ruesten in Baustein (7/Oben) von Objekt (10) auf (1)
wurden statt minimal (2) nur (0) qualifizierte (Qualifikation: 1) Werker definiert
Ready
1/81
1/14
NUM

Abbildung 9.17: Konsistenzcheck

Erst wenn diese Fehler behoben sind, kann das Modell simuliert werden.

Dazu ist im zweiten Arbeitsbereich die Art der Tätigkeit zu tauschen sowie in beiden das Rüsten an der jeweils fehlenden Bearbeitungsstation als Tätigkeit zu definieren. Damit führt jeder Werker an seiner Station die Objektbearbeitung durch, wenn jedoch gerüstet werden muß, arbeiten beide Werker zusammen an dieser Tätigkeit. Dies liegt daran, dass intern alle Werker unabhängig von einer Zugehörigkeit zu einem Arbeitsbereich disponiert werden. Das Kriterium ist einzig und allein, dass ein Werker die geforderte Tätigkeit bearbeiten darf.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

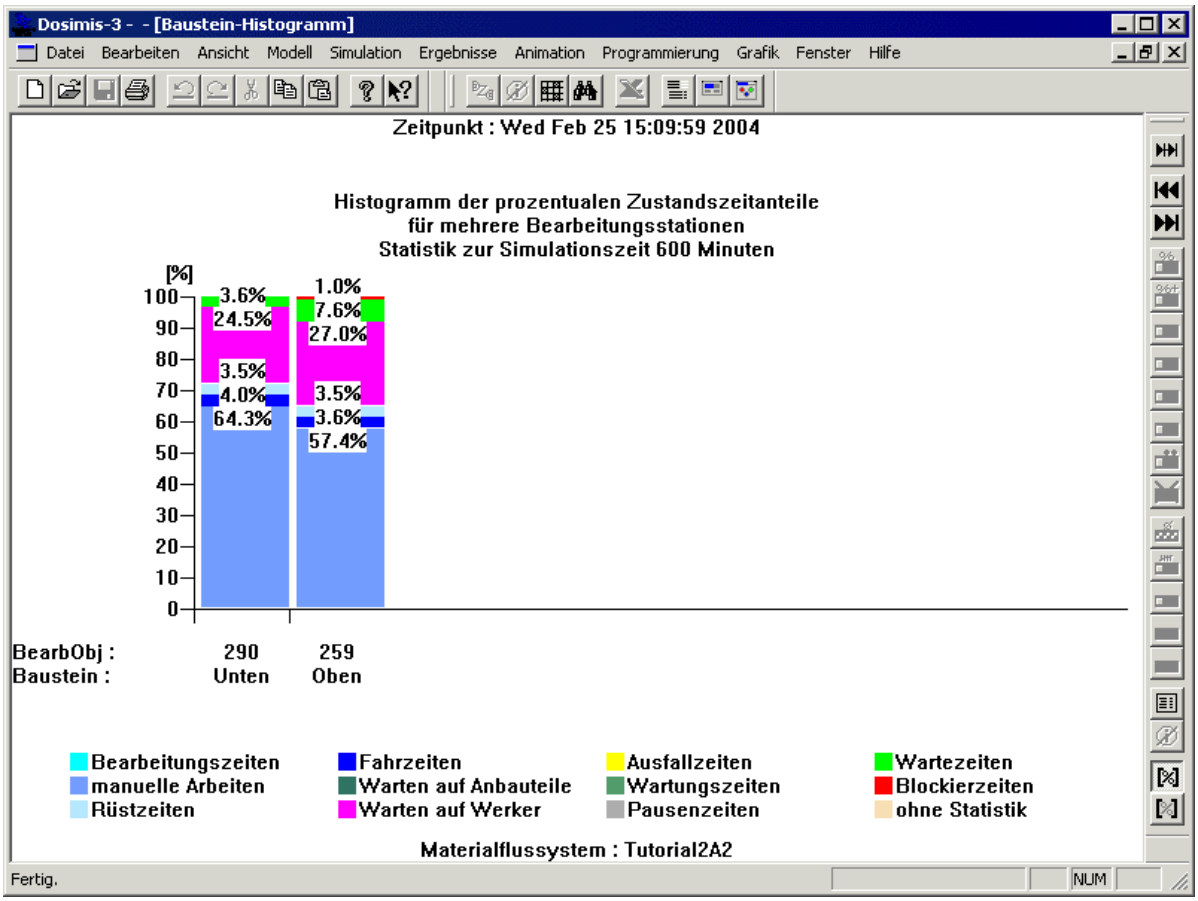


Abbildung 9.18: Endstatistik der Arbeitsstationen

Das Zeitenhistogramm zeigt einen großen Anteil für *Warten auf Werker*. Eine Analyse zeigt, dass recht häufig im Fall des Rüsten gewartet wird, da die Werker zuerst ihre Objektbearbeitung beenden, bevor ein Wechsel möglich ist.

9.7 Unterbrechen von Arbeiten

Das Rüsten hat schon höchste Priorität. Da jedoch immer 2 Werker benötigt werden, muß immer auf den Werker von der jeweils anderen Station gewartet werden. Dieser soll nun die Objektbearbeitung an seiner Station unterbrechen und im Falle des Rüstens sofort den Arbeitsplatz wechseln. Dazu ist im Feld *Unterbrechen* der eingetragene Wert auf 10 zu setzen. Dies bedeutet, dass Tätigkeiten, die eine höhere Priorität als 10 besitzen, diese Tätigkeit unterbrechen dürfen. Diese Parametrierung ist in beiden Bearbeitungsstationen vorzunehmen.

Anmerkung: Die unterbrochene Arbeit wird mit der Restarbeitszeit versehen und steht zur erneuten Disposition bereit. Der freigegebene Werker wird diese jedoch nicht bedienen, da eine Tätigkeit mit höherer Priorität existiert. Denn nur solche führen auch zu dieser Unterbrechung.

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

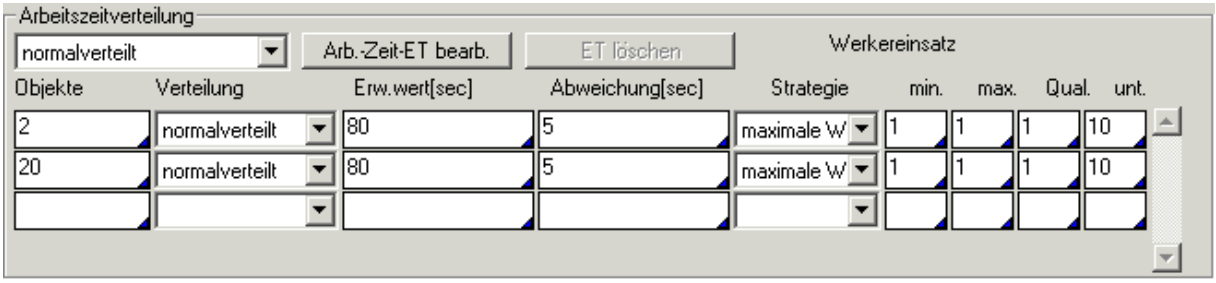


Abbildung 9.19: Unterbrechen der Tätigkeit

Ein Blick in das Ergebnisdiagramm zeigt den gewünschten Effekt. Das Warten auf Werker konnte erheblich reduziert werden. Eine weitere Reduzierung ist auf Grund der Werkerpausen nicht mehr möglich.

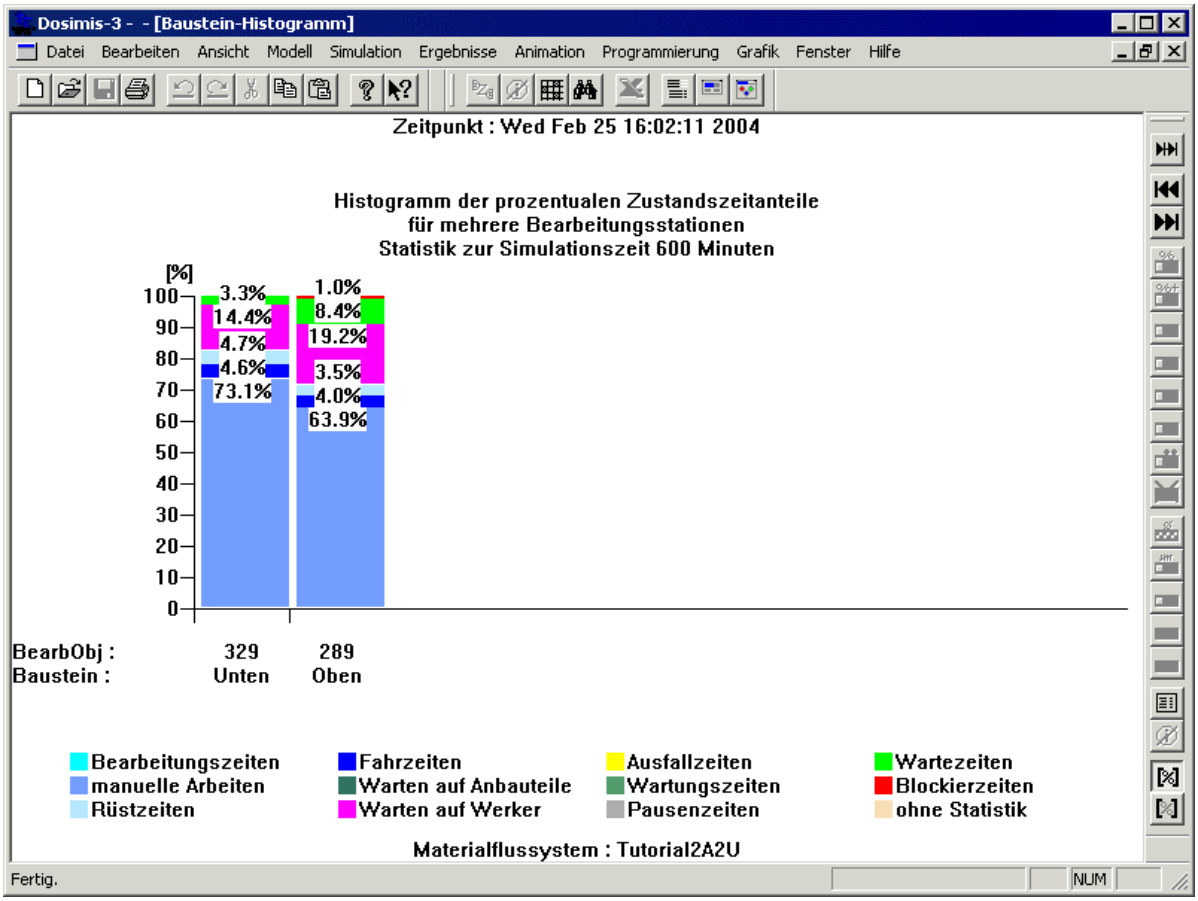


Abbildung 9.20: Endstatistik der Arbeitsstationen

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

9.8 Abschalten von Arbeitsbereichen

Szenario: Was wäre, wenn es immer genug Werker für jede Tätigkeit gäbe, d.h. kein Warten auf Werker. Alle manuellen Tätigkeiten werden in dem Fall automatisch durchgeführt, und zwar so, als wenn die maximale Anzahl Werker zur Verfügung steht.

Global abschalten

- Klicken Sie im Menü **Simulation** auf **Simulationsparameter.**
- Deaktivieren Sie das Kontrollkästchen **Arbeitsbereiche aktiv**.

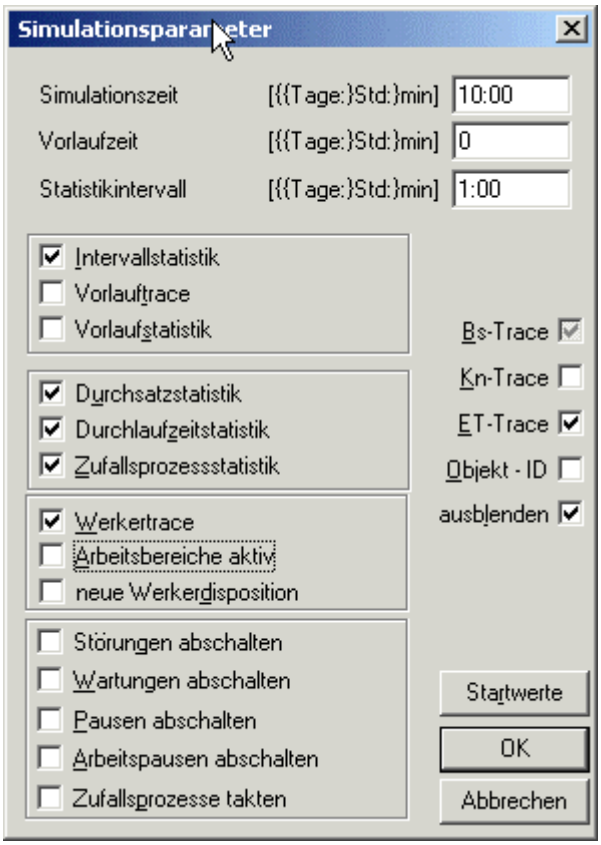


Abbildung 9.21: Alle Arbeitsbereiche global abschalten

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

10 Index

—A—
abschalten
  Arbeitsbereiche 108
  Störung 89
Analyse
  Störung 77
Analysieren
  Arbeitsbereiche 97
Animation 30
Arbeitsbereiche
  abschalten 108
  Analysieren 97
  Arbeitsstationen 93
  Aufgabenstellung 91
  Einbinden in das Modell 93
  mehrere Werker pro Tätigkeit 103
  Parametrieren 94
  Pausen 95
  Plazieren 91
  Statistik 100
  Theorie 91
  Unterbrechen von Tätigkeiten 106
  Wegeliste 96
Arbeitsstation 9
  Parameter 21
Arbeitsstationen
  und Arbeitsbereiche 93
Aufgabenstellung 6
—B—
Baustein
  Arbeitsstation 9
  Quelle 8
  Senke 9
  Staustrecke 8
  Verteilelement 9
  Verteilwagen 9
  Zusammenführungselement 9
Bausteine
  Verbinden 28
—E—
Einführung 4, 71
Experimente 35
—F—
Filtern der Störzeiten aus der Statistik 87
—G—
Grafische Kommentare 63
—I—
Icons 71
—M—
mehrere Werker pro Tätigkeit 103
Modellierung 10
—O—
Optimierung
  Bevorzugte Entsorgung 47
  Entkopplung 42
  Entschärfung der Senke 56
  Fabriktuning 60
  Puffer vor der Senke 48
  Pufferverkleinerung von der Senke 59
  Pufferverkleinerung vor den Arbeitsstationen 60
  Rüstzeitoptimierung 53
  Schnellerer Verteilwagen 45
  Vorsortierung 37
  Zusammenfassung 62
Optimierung: 35
—P—
Parameter
  Arbeitsstation 21
  Quelle 15
  Senke 28
  Staustrecke 17
  Verteilelement 26
  Verteilwagen 19
  Zusammenführungselement 24
Parametrieren
  Arbeitsbereiche 94
Parametrierung
  Störung 75
Pausen 95
  Arbeitsbereiche 95
Plazieren
  Arbeitsbereiche 91
Praxisanwendung 6, 72
Probleme 33
—Q—
Quelle 8
  Parameter 15
—S—
Schichtmodelle 84
Senke 9
  Parameter 28
Simulationsstart 30
Statistik
  Arbeitsbereiche 100
  Störung 80
Statistiken 31
Staustrecke 8
  Parameter 17
Störabstand 73
Stördauer 73
Störung
  abschalten 89
  Analyse 77
  Parametrierung 75
  Statistik 80
Störungen
  Aufgabe 73
Störungen im Modell 72
—T—
Theorie
  Arbeitsbereiche 91
  Störungen 72

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50

Tutorial: 4
—U—
Unterbrechen von Tätigkeiten 106
—V—
Verbinden 28
Verteilelement 9
Parameter 26
Verteilwagen 9
Parameter 19
—W—
Wegeliste 96
—Z—
Zusammenführungselement 9
Parameter 24

SimulationsDienstleistungsZentrum GmbH, Hauert 20, 44227 Dortmund
Tel.: 02 31 / 97 50 50 - 0, Fax: 02 31 / 97 50 50 - 50